

N^o D'ORDRE :
412

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES
DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

POUR OBTENIR

LE TITRE D'INGÉNIEUR-DOCTEUR

PAR

PIERRE TOULON

PRIX ANCEL DE LA SOCIÉTÉ FRANÇAISE DES ELECTRICIENS

1^{re} THÈSE. — PROCÉDÉ DE RÉDUCTION DE LA BANDE PASSANTE
EN TÉLÉVISION BASÉ SUR LA TECHNIQUE DES
POINTS ENTRECROISÉS.

2^e THÈSE. — PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

Soutenues le 29 mai 1953 devant la Commission d'examen

M. PAUTHENIER ... *Président.*

M. GRIVET }
M. MAX-MORAND .. } *Examineurs.*

IMPRIMERIE A. LAPIED
24, Rue Monsieur-le-Prince, Paris

1953

N^o D'ORDRE :
412

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES
DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

POUR OBTENIR

LE TITRE D'INGÉNIEUR-DOCTEUR

PAR

PIERRE TOULON

PRIX ANCEL DE LA SOCIÉTÉ FRANÇAISE DES ELECTRICIENS

1^{re} THÈSE. — PROCÉDÉ DE RÉDUCTION DE LA BANDE PASSANTE
EN TÉLÉVISION BASÉ SUR LA TECHNIQUE DES
POINTS ENTRECROISÉS.

2^e THÈSE. — PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

Soutenues le 29 mai 1953 devant la Commission d'examen

M. PAUTHENIER ... *Président.*

M. GRIVET
M. MAX-MORAND .. } *Examineurs.*

IMPRIMERIE A. LAPIED

24, Rue Monsieur-le-Prince, Paris

1953

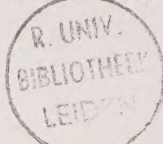
FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

Doyen M. A. CHATELET

PROFESSEURS

G. JULIA T	Analyse supérieure et Algèbre supérieure.	CHATELET T	Arithmétique et théorie des nombres.
A. DENJOY T	Théorie des Fonctions.	EPHRUSSI T	Génétique.
L. LUTAUD T	Géographie physique et Géologie dynamique.	WURMSER T	Biologie physico-chimique.
E. DARMOIS ... T	Enseignement de Physique.	BAUER T	Chimie-Physique.
Robert LÉVY ... T	Physiologie comparée.	RIVIÈRE T	Géologie (P.C.B.).
FOCH T	Mécanique physique et expérimentale.	GAUTHERET ... T	Biologie Végétale (P.C.B.).
PAUTHENIER .. T	Electrotechnique générale.	LUCAS T	Physique.
De BROGLIE ... T	Théories physiques.	A. THOMAS T	Evolution des êtres organisés.
JOB T	Chimie générale.	ARNULF T	Optique appliquée.
PRENANT T	Anatomie et Histologie comparées.	MAX MORAND .. T	Physique.
COMBES T	Physiologie végétale.	SOLEILLET T	Physique.
GARNIER T	Géométrie supérieure.	FORTIER T	Mécanique expérimentale des fluides.
PÉRÈS T	Mécanique des fluides et applications.	DANJON T	Astronomie.
LAUGIER T	Physiologie générale.	FROMAGEOT ... T	Chimie Biologique.
TOUSSAINT T	Technique Aéronautique.	LAPORTE T	Physique générale et Radio-activité.
M. CURIE T	Physique (P.C.B.).	JANET T	Mathématiques générales.
G. RIBAUD T	Hautes températures.	PETIT T	Biologie maritime.
CHAZY T	Mécanique analytique et Mécanique céleste.	QUENEY T	Météorologie et dynamique atmosphérique.
CROZE T	Physique théorique et physique céleste.	GALLIEN T	Biologie animale (P.C.B.).
DUPONT T	Théories chimiques.	EICHORN T	Biologie végétale (P.C.B.).
VALIRON T	Calcul différentiel et Calcul intégral.	DE CUGNAC T	Biologie végétale (P.C.B.).
BARRARÉ T	Géologie structurale et géologie appliquée.	M ^{lle} CAUCHOIS . T	Chimie-Physique.
G. DARMOIS ... T	Calcul des probabilités et Physique mathématique.	THELLIER T	Physique du Globe.
J. BOURCART .. T	Géographie physique et Géologie dynamique.	AUDUBERT T	Electrochimie.
AUBEL T	Chimie biologique.	L'HÉRITIER ... T	Génétique.
M ^{me} JOLIOT-CURIE T	Physique générale et Radioactivité.	GRIVET T	Radio Electricité.
PLANTEFOL T	Botanique.	PONCIN T	Mécanique des fluides.
CABANNES T	Recherches physiques.	THIRY T	Mécanique appliquée.
GRASSÉ T	Evolution des êtres organisés.	DUBREIL T	Mathématiques générales.
PRÉVOST T	Chimie organique.	QUELET T	Chimie (P.C.B.).
BOULIGAND T	Application de l'analyse à la Géométrie.	CAGNIARD T	Géophysique appliquée.
CHAUDRON T	Chimie appliquée.	CHAMPETIER ... T	Chimie appliquée.
WYART T	Minéralogie.	CUVILLIER T	Géologie structurale et Géologie appliquée.
TEISSIER T	Zoologie.	JUNG T	Pétrographie.
MANGENOT T	Biologie végétale.	TRILLAT T	Physique (P.C.B.).
P. AUGER T	Physique quantique et relativité.	WIEMANN T	Chimie (P.C.B.).
MONNIER T	Physiologie générale.	JACQUINOT T	Physique (P.C.B.).
PIVETEAU T	Géologie.	VASSY T	Physique de l'Atmosphère.
ROCARD T	Physique.	DESTOUCHES ... T	Théories Physiques.
H. CARTAN T	Mathématiques (E.N. Sup.)	M. PRUVOST .. T	Géologie.
SCHAEFFER T	Physiologie des fonctions.	AMIEL T	Chimie (P.C.B.).
LAFFITTE T	Chimie générale.	HOCART T	Minéralogie
FAVARD T	Mécanique générale.	MACHEBOEUF ... T	Microbiologie
COULOMB T	Physique du Globe.	J.-P. MATHIEU . T	Physique (P.C.B.).
M ^{lle} COUSIN ... T	Biologie animale (P.C.B.).	COUTEAU T	Biologie animale (P.C.B.).
CHRÉTIEN T	Chimie minérale.	MAY T	Biologie animale (P.C.B.).
P. DRACH T	Zoologie.	CHOQUET T	Calcul différentiel.
KASTLER T	Physique.	FELDMANN T	Biologie (P.C.B.).
		GUINIER T	Physique (P.C.B.).
		JOST T	Biologie (P.C.B.).

Secrétaire Ch. MONIER



T H E S E S

présentées

A LA FACULTE DES SCIENCES

DE L'UNIVERSITE DE PARIS .

Pour obtenir le titre d'Ingénieur-Docteur

par

Monsieur Pierre T O U L O N

prix " Ancel " de la Société Française des
Electriciens.

1ère THESE : Sur la COMPRESSION DE LA BANDE PASSANTE EN
TELEVISION.

2ème THESE : Sur les TECHNIQUES D'AIGUILLAGE ET DE COMMUTA-
TION ELECTRONIQUES.

Soutenues le Vendredi 29 Mai 1953 à 10 heures du matin

devant la Commission d'Examen.

- Président :

Monsieur M. PAUTHENIER

- Examineurs :

Monsieur GRIVET

Monsieur MORAND



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41552217_0011

Je dédie cette thèse à mes amis:

Edouard B E L I N

et René B A R T H E L E M Y

qui jadis ont eu foi, comme moi, en
l'avenir de la télévision.....

Elle contient encore quelques idées nouvelles,
capables de bouleverser les " vieilles techniques"
de transmission que nous avons utilisé jusqu'ici.

P. Boulon

5 Mai 1953

Résumé de la thèse présentée à la Faculté des Sciences
de Paris par M. Pierre TOULON pour obtenir le grade de
Docteur ès-Sciences.

sur la COMPRESSION DE LA BANDE PASSANTE EN TELEVISION.

La technique actuelle de la télévision est basée sur le balayage très rapide d'un nombre d'images suffisant pour que l'observateur perçoive une impression de continuité. La cadence actuellement adoptée (25 images par seconde, 819 lignes horizontales, ayant chacune environ 1000 points), impose de transmettre par seconde un nombre très important d'informations, et ceci soulève d'énormes difficultés techniques, surtout si l'on désire en outre adjoindre la couleur.

Depuis quelques années, de nombreuses études ont montré que les informations transmises en télévision ont une grande probabilité de redondance dans le temps (les points occupant le même emplacement sur l'écran ont une grande probabilité d'avoir la même transparence au cours des images successives) et dans l'espace (les points situés au voisinage d'un point ayant une transparence donnée ont une grande probabilité d'avoir la même transparence). Toutefois, peu de solutions pratiques ont été proposées pour tenter d'utiliser cette particularité en vue d'améliorer la qualité des images. Il est prouvé aussi que l'oeil perçoit un scintillement même si la cadence dépasse 50 images par seconde; mais si le scintillement est supprimé, il s'accommode très bien d'images se renouvelant seulement à la cadence de 16 par seconde. En outre, l'oeil est capable de percevoir de très fins détails sur les images immobiles, mais il est incapable de les discerner sur des objets en déplacement rapide. Il est incapable de discerner la couleur sur de très petites étendues, mais est sensible seulement à la transparence.

J'ai étudié une nouvelle technique de télévision qui tient compte de ces faits, choisit les informations les plus utiles à transmettre dans chaque image, et produit à l'arrivée les redondances les plus probables, c'est-à-dire utilise les informations transmises pour constituer par synthèse une image la plus satisfaisante possible pour l'oeil de l'observateur.

PRINCIPE.

L'image est balayée au départ suivant la technique des Points Séparés, c'est-à-dire que l'on divise l'image en un certain nombre de damiers, comportant chacun un certain nombre de cases. On balaye l'écran autant de fois qu'il y a de cases dans chaque damier, et l'on utilise, pour chaque balayage, une(ou plusieurs) case dans chaque damier.

A l'arrivée, on enregistre les informations correspondant à chacun de ces balayages et l'on constitue une image " fine " en substituant, dans chaque image, les informations non transmises, par celles transmises au cours des balayages précédents. Cette image synthétique est utilisée si le sujet télévisé est immobile. Par contre, si le sujet se déplace, la dernière information est étendue aux points immédiatement voisins (Gros points). La comparaison des transparences des points est effectuée automatiquement.

REALISATION - Ce choix des points au départ, l'enregistrement et la reproduction à l'arrivée, cette combinaison automatique des informations transmises et effectuée suivant certaines lois, n'a été possible que parce qu'on possède aujourd'hui des techniques de Commutation à des cadences extrêmement rapides. Ces techniques d'aiguillage et de combinaison font l'objet de la 2ème thèse : Elles sont variées et très développées.

L'enregistrement fugitif des informations est obtenu, soit par des procédés magnétiques (cylindres recouverts de matière plastique contenant de la poudre de fer ou ferrite, et têtes d'enregistreurs-reproducteurs, disposés en regard, au nombre de plusieurs centaines) par des procédés électrostatiques (disques minces en céramique à base de titane, gravés par des procédés électrochimiques de photogravure, permettant de réaliser des multitudes de condensateurs sous un très petit volume, avec collecteurs constitués par un fil d'argent) ou encore par des procédés phosphorescents (dispositif optique superposant plusieurs images du tube à faisceau cathodique et bande sans fin phosphorescente).

RESULTATS. - Bien que des réalisations complètes et définitives n'aient pu encore être effectuées, il apparaît qu'on peut obtenir une image de télévision difficilement discernable par rapport aux procédés classiques, en utilisant une " bande passante " 5 fois plus faible, si l'on tient compte des redondances dans le temps seulement.

Si l'on fait usage d'un signal spécial de " Répétition " indiquant au départ les redondances des points le long de la surface, il semble qu'on puisse doubler encore ce chiffre. L'usage de tubes cathodiques spéciaux à mémoire, et permettant un enregistrement et une lecture à vitesse variable, est alors recommandable pour réaliser la synthèse de l'image artificielle à l'arrivée. Dans le cas de la télévision en couleur, l'oeil s'accommode assez bien de légers défauts de correspondance entre la chrominance et la transparence et de retard dans le temps, et il semble qu'une augmentation de la bande passante de 30% par rapport au " Noir et Blanc " donne des réceptions très acceptables.

Ces nouvelles techniques sont encore dans l'enfance, mais il paraît raisonnable de penser qu'on parviendra dans l'avenir à obtenir des images en couleur avec des bandes passantes environ 7 fois plus faibles qu'actuellement. Ou inversement des images ayant 2,7 fois plus de détails dans chaque sens en utilisant les bandes actuelles.

R E S U M E

C O N C L U S I O N :

Je conclus que ces nouvelles méthodes permettent d'espérer qu'on parviendra probablement dans l'avenir à transmettre des images en couleur ayant à peu près la même qualité que les images actuelles en " Noir et Blanc " avec des bandes passantes environ cinq fois plus faibles.

THESE DE DOCTORAT

sur la " COMPRESSION DE LA BANDE PASSANTE EN TELEVISION "

P R E A M B U L E

Le but d'une thèse de doctorat est d'enseigner, c'est-à-dire de rendre accessible à tous, le résultat de nouvelles théories et travaux personnels.

Exprimer en langage clair des techniques compliquées est un art difficile , et, le titre même de cette thèse paraîtra sans doute très obscur à beaucoup de mes contemporains.

Je n'aurai réussi dans ma tâche que si j'ai pu les persuader que les idées contenues sont relativement très simples : il s'agit seulement de quelques artifices, basés sur les propriétés physiologiques de l'oeil, qui permettent de rendre plus efficaces nos moyens actuels de transmission de la télévision.

Si le lecteur éprouve quelques difficultés à me comprendre, c'est sans doute parce que, faute de mieux, j'ai dû utiliser des mots existants et leur donner un sens très particulier qu'ils n'avaient pas jusque là; je m'excuse de ce "jargon", seul, utilisable aujourd'hui....

(par exemple : " le scintillement local ", la " finesse " de l'image, les signaux d'aiguillage, la tension de sensibilisation, les signaux de commutation, la " tension de répartition", l' " élément électro-optique " ne figurent encore dans aucun dictionnaire...)

Les textes anciens fourmillent d'allégories et d'expressions qui nous paraissent aujourd'hui désuètes et inadéquates parcequ'elles n'étaient pas suffisamment précises. Il a fallu, néanmoins, les utiliser provisoirement jusqu'à ce que les nouveaux mots de la technique viennent donner aux nouvelles générations une compréhension rapide et précise des phénomènes.

Les schémas électriques ne sont qu'une sorte de " jeu " dont il faut apprendre à connaître les règles. J'ai tenté d'initier le lecteur avec des schémas simples. Les plus compliqués ne sont que des répétitions de ces artifices. Mon but ne sera atteint que si le lecteur , en terminant, a compris qu'il y a 20 autres façons d'obtenir le résultat, s'il entrevoit derrière les exemples particuliers cités, toute une nouvelle science , capable de transformer notre technique actuelle de la télévision en noir et en couleurs.

LISTE DES FIGURES ILLUSTRANT LA PREMIERE THESE DE DOCTORAT

de Monsieur Pierre TOULON

SUR LA COMPRESSION DE LA BANDE PASSANTE EN TELEVISION .

-
- Figure 1 Balayage simple par points séparés
Figure 2 Balayage entrelacé par points séparés
Figure 3 Balayage en damier à 4 cases
Figure 4 Balayage en damier à 16 cases
Figure 5 Procédé mécanique pour obtenir ce balayage: roue de Nipkoff
Figure 6 Décalage des champs d'exploration réalisé mécaniquement
Figure 7 Interruption électronique du faisceau cathodique.
Figure 8 Balayage d'un damier à 6 cases :indication des décalages
Figure 9 Damier à 9 cases:indication des décalages à réaliser
Figure 10 Damier à 12 cases:indication des décalages à réaliser
Figure 11 Damier à 16 cases:indication des décalages à réaliser
Figure 12 Combinaisons réalisables avec un damier à 4 cases.
Figure 13 Balayage utilisant une seule combinaison
Figure 14 Balayage utilisant 2 combinaisons différentes
Figure 15 Utilisation de combinaisons alternées
Figure 16 Déplacement en " Escalier " du spot
Figure 17 Balayage crénelé
Figure 18 Tensions électriques nécessaires pour réaliser ce balayage.
(Figure 19 Transmission d'une même image de télévision avec
" 20 limitation du spectre des fréquences
(" 21
) " 22
Figure 23 Enregistreur-Reproducteur magnétique à têtes multiples
Figure 24 Coupe partielle du même appareil
Figure 25 Développement du même appareil
Figure 26 Tête d'enregistreur magnétique avec entrefer.
Figure 27 Schéma du circuit magnétique
Figure 28 Tambour d'enregistreur magnétique
Figure 29 Photographie montrant le principe des enregistreurs
Figure 30 Montage des éléments
Figure 31 Enregistreur comportant 250 têtes simultanément
Figure 32 Image télévisée: 1ère position: Positif-Négatif
Figure 33 Image télévisée: 2ème position: Positif-Négatif
Figure 34 Différence entre les deux images, en plus et en moins
Figure 35 Addition des différences: changement entre les images
(Figure 36
" 37 Aspect des transformations de l'image, suivant
(" 38 que l'on utilise des " Gros "points ou des
) " 39 " Petits" points
(" 40
) " 41
(" 42
) " 43

LISTE DES FIGURES ILLUSTRANT LA PREMIERE THESE DE DOCTORAT
de Monsieur Pierre TOULON
SUR LA COMPRESSION DE LA BANDE PASSANT EN TELEVISION

- Figure 44 Damier à 10 cases, utilisant 2 points dans chaque damier.
Figure 45 Points utilisés dans chaque champ d'image
Figure 46 Points utilisés dans chaque image de télécinématographe
Figure 47 Schéma utilisé pour obtenir le déplacement décrit
figure 3
Figure 48 Fabrication synthétique d'une tension en pointe par
addition de sinusoides harmoniques.
Figure 49 Fabrication de 16 pointes décalées et coupure de ces
pointes périodiquement à des niveaux différents.
Figure 50 Exemple de tensions obtenues pour un balayage
Figure 51 Schéma de montage pour obtenir des champs décalés
Figure 52 Aspect des positions relatives des champs balayés
Figure 53 Ligne artificielle permettant de choisir 1 point
sur 5 et de varier la position de ce point au cours
des champs d'image successifs
Figure 54 Signaux engendrés correspondants
Figure 55 Exemple d'une installation d'arrivée, à la sortie du
câble à bande réduite, applicable notamment à une
station de radio-diffusion
Figure 56 Système optique permettant la superposition de
plusieurs images partielles sur un film phosphorescent,
et utilisation de l'image synthétique ainsi formée.
Figure 57 Schéma de montage d'un balayage à vitesse variable
Figure 58 Aspect de la déviation au cours du temps
Figure 59 Enregistreur et reproducteur à vitesse variable.
-



9

24

10

25

26

Fig. 81

Fig. 80

27



28

29

30

5-6

17

8 116

76

Fig 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11

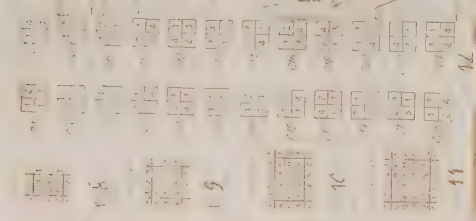


Fig 20

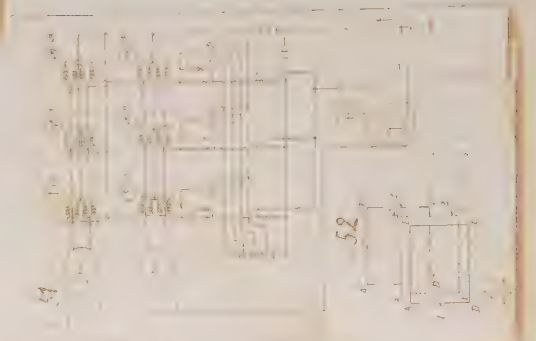


Fig 22

Fig 23

Fig 24

Fig 25

Fig 26

Fig 27

Fig 28

Fig 29

Fig 30

Fig 31

IER CHAPITRE

EXPOSE DES TECHNIQUES DE BALAYAGE EN TELEVISION

- BALAYAGE PAR POINTS SEPARES
- BALAYAGE CAVALIER
- BALAYAGE CRENELE

- - - - -

La possibilité de voir à distance sans aucune limite et sans être gêné par aucun obstacle est un des désirs qui ont hanté l'esprit des hommes de toute antiquité. Toutefois, il a fallu attendre la découverte des courants électriques extraordinairement rapides, celle de l'amplificateur thermo-ionique qui permet d'amplifier ces courants d'une façon énorme et pratiquement sans retard. Celle de la cellule photo-électrique qui permet de transformer presque instantanément une lumière en tension électrique et enfin celle de l'oscilloscope cathodique qui permet à la fois de transformer les tensions amplifiées en lumière et d'effectuer le balayage, pour que le problème trouve une solution réellement pratique (I)

I. - SCINTILLEMENT ET TELEVISION -

Une image mouvante peut être considérée comme constituée de plusieurs images successives se suivant à une cadence rapide (par suite du développement du cinéma, cette idée est devenue déjà classique).

Chaque image peut être, à son tour, considérée comme constituée de lignes, ayant chacune un certain nombre de points. La nécessité d'utiliser un courant électrique unique pour transmettre toutes les informations correspondant à une image à "deux dimensions", ont fait penser depuis longtemps (2), qu'il serait possible, parce que l'électricité est presque dépourvue d'inertie, de balayer chacun des points de chacune des lignes de chaque image, en un temps suffisamment court pour que l'oeil de l'observateur acquière une impression de continuité et aperçoive une image changeante.

L'expérience acquise au cinématographe depuis trente ans a prouvé qu'une cadence de projections de vingt cinq images par seconde était insuffisante et donnait un scintillement très intense. Il a fallu recourir à des obturateurs comportant trois palettes (75 images par secondes) pour que le scintillement soit acceptable.

(I) C'est sans doute aux Etablissements Edouard BELIN, en 1925, qu'Holweck, avec une équipe composée de Chevalier, Ogloblinsky et moi-même, avons réalisé la première transmission de télévision, basée sur ces éléments essentiels.

(2) Probablement Caselli, il y a plus de 50 ans.

Il n'était pas possible d'utiliser le même procédé en télévision avec un tube à faisceau cathodique, car une très petite portion de chaque image, pratiquement seulement quelques points, fournissent de la lumière à chaque instant.

On est parvenu à obtenir une image scintillant beaucoup moins (3) en balayant alternativement les lignes paires et les lignes impaires de l'image. Etant donné que les lignes "paires" constituent une image partielle assez correctement formée, et les lignes "impaires" une seconde image à peu près semblable, la cadence apparente se trouve doublée (50 par seconde au lieu de 25) et le scintillement est très réduit. Ce système s'est généralisé rapidement et aujourd'hui personne ne songe plus à faire du balayage "simple".

La sensation pénible et la fatigue qui résulte du scintillement varie considérablement avec l'intensité lumineuse de l'écran :

A l'origine de la télévision, où les écrans étaient très peu éclairés (de l'ordre de 1 lux.) le scintillement était tolérable même avec 25 ou 16 images par seconde.

Avec les écrans très lumineux modernes (50 à 200 lux), le scintillement est encore très gênant et constitue l'une des principales raisons pour lesquelles les longs programmes de télévision sont fatigants. (4)

Cette technique de "Balayage" des lignes alternativement paires et impaires de l'image est devenue aujourd'hui tellement classique dans l'esprit des jeunes que le mot "télévision" lui est souvent synonyme.

Il existe cependant d'autres techniques de transmission de la vision à distance dans lesquelles il n'y a pas de balayage parce que l'on transmet "à la fois" les informations correspondant à plusieurs lignes ou points de l'image, (par exemple en utilisant des fréquences porteuses différentes), nous n'en parlerons pas aujourd'hui.

(3) Probablement Barthélémy en 1919.

(4) La fatigue est notablement plus grande avec 50 images au lieu de 60.

II.-- PRINCIPE DE LA METHODE UTILISEE POUR REDUIRE LA BANDE PASSANTE : BALAYAGE PAR POINTS SEPARES.

Ma méthode utilise aussi une technique de balayage, c'est-à-dire qu'à chaque instant les informations de la trans-
parence correspondent à un seul point, sont transmises dans la li-
gne . Mais on réalise un choix entre les points et on ne trans-
met que certaines informations. Convient-il d'utiliser
" Télévision " pour désigner cette technique, puisqu'elle cor-
respond, dans l'esprit de nos contemporains à celle du balayage
continu des lignes paires et impaires, alternativement. Voici
en quoi elle consiste :

- Au lieu de balayer alternativement les lignes paires et les lignes impaires de l'image, on peut être tenté de réaliser un cycle plus compliqué, par exemple une ligne sur trois :

- le 1er champ utilise alors la ligne 1, la ligne $3 + 1 = 4$
la ligne $2 \times 3 + 1 = 7$, la ligne $3 \times 3 + 1 = 10$
etc....
- le 2ème champ utilise la ligne 2, la ligne $3 + 2 = 5$, etc....
- le 3ème champ utilise la ligne 3, la ligne $3 + 3 = 6$, etc....

- Ce système ne donne pas de bons résultats à cause de l'effet " stroboscopique " qui apparaît (Impression de mouvement général de l'image). Mais, en utilisant des balayages plus savants, par exemple, un groupe de sept lignes, et en alternant les distances entre les lignes, l'effet stroboscopique est réduit.

- le premier champ utilise les lignes $1 + 7 = 8$ $2 \times 7 + 1 = 15$, etc.
 - le second champ utilise les lignes 4, 11, etc....
 - le troisième champ utilise les lignes 7, 14; etc...
- et ainsi de suite....

Par ce procédé, le scintillement est réduit car il est possible de maintenir presque en permanence (puisque cela se répète $7 \times 25 = 175$ fois par seconde), un éclaircissement général sur l'écran.

Il est alors possible de réduire la cadence du balayage par exemple à 16 images complètes par seconde. Toutefois, le gain ainsi obtenu est encore partiellement compensé par l'effet stroboscopique qui se manifeste, car les " écarts " se répètent à une cadence régulièrement alternée et l'observateur a l'illusion d'apercevoir des trames qui se croisent.

J'ai obtenu (voir Figur. I), un résultat beaucoup meilleur il y a une vingtaine d'années, en interrompant périodiquement le faisceau cathodique, de façon à pouvoir disposer de champs d'images entrelacés non seulement dans le sens vertical, mais aussi dans le sens horizontal.

Chaque ligne horizontale de l'écran peut être considérée comme ayant, par exemple, un nombre pair de points.

En utilisant les points de rangs pairs au cours d'un premier balayage, et les points de rangs impairs au cours du second, on peut réaliser (voir Figure 2), un " entrelacement " dans le sens vertical qui est aussi satisfaisant que celui qu'on réalise, d'une façon classique, dans le sens horizontal.

En réalisant à la fois le balayage entrelacé dans le sens vertical et dans le sens horizontal (voir figure 3), on constitue sur l'écran des damiers à 4 points et l'on parvient à explorer l'image par 4 champs successifs et qui donnent un scintillement très réduit.

Cette méthode des " points séparés " se prête à d'intéressants perfectionnements : Alors qu'il était relativement peu intéressant de chercher un balayage de rang supérieur, lorsqu'on balayait tous les points de la ligne horizontale, (le gain réalisé avec un balayage à 7 lignes est faible lorsqu'on utilisait tous les points de la ligne horizontale), l'effet stroboscopique est maintenant bien moins accentué car les " trames " semblent se croiser à la fois dans les deux sens.

Une excellente disposition consiste à diviser les points de l'écran en damiers à ($4 \times 4 = 16$ cases) (voir Figure 4), ou encore en ($5 \times 5 = 25$ cases). On alterne l'amplitude du déplacement dans le sens vertical et horizontal, ce qui correspond à la marche du " cavalier " aux échecs . Etant donné qu'on dispose alors de 16 champs successifs, le scintillement général n'est plus du tout visible.

On peut être tenté de chercher à profiter de cette circonstance pour réduire la cadence du balayage total (c'est-à-dire le temps qu'il faut pour que tous les points de l'image soient transmis , qui est généralement 1/25 seconde) . Il est possible de la réduire par exemple de la moitié, soit 12,5 par seconde, car la cadence d'éclairement sera alors de $12,5 \times 16 = 200$ par seconde : le résultat obtenu est excellent.

un progrès
La réduction de moitié du nombre des informations transmises constitue point de vue de la transmission très important. Il apparaît seulement un effet de " grillage " qui ressemble à une sorte de pluie qui nuit légèrement à la qualité.

Une image de cette nature n'est pas plus désagréable à regarder qu'une image classique , où le scintillement à 50 et l'entrelacement des lignes est toujours fort visible avec les procédés actuels.

Pour effectuer matériellement ce balayage "cavalier", à 16 cases, j'ai utilisé le système de la Roue de Nipkoff (voir Figure 5) . *juché*

Devant le champ d'image, je disposais une plaque percée de trous formant diaphragme et je donnais à cette plaque une position appropriée au début de chaque champ d'image. Cette position était obtenue à l'aide de 2 cannes (voir Figure 6) donnant des déplacements verticaux et horizontaux.

A cette époque, le tube à faisceau cathodique n'était pas encore devenu classique et l'on effectuait les réceptions au moyen de tubes à néon. La quantité de lumière fournie étant faible il était commode d'employer une lentille pour permettre à l'oeil d'être très près de la lampe et de recevoir, la totalité de la lumière dans sa pupille. Dans ce cas, la plaque perforée servant de diaphragme, était placée au foyer de la lentille et le tout était placé devant la lampe à néon :

La plaque restait fixe et la canne déplaçait le système optique comme le représente la Figure 6.

J'ai réalisé, il y a une vingtaine d'années, un film que je vous présente ici et qui montre le gain que l'on peut espérer et le scintillement qui apparaît lorsqu'on le tourne à différentes vitesses (12,5 images complètes par seconde, 7,5 etc..) il n'est pas possible de descendre au-dessous, de ce chiffre, car l'effet de "grillage" ou scintillement local devient intolérable.

Lorsque le tube à faisceau cathodique scellé est devenu d'une pratique courante, j'ai appliqué en 1937, le balayage cavalier en effectuant une interruption périodique du faisceau cathodique et en introduisant des tensions déflextrices additionnelles.

La Figure 7 représente le principe du système.

Les expériences étaient pleines de promesses, mais la guerre est venue interrompre mes études.

Lorsqu'on utilise le tube à faisceau cathodique, il est commode d'effectuer l'interruption du faisceau à cadence régulière et l'on choisit, pour chaque champ d'image, la position des points explorée en ajoutant une petite tension de déflexion auxiliaire sur les plaques déflextrices verticales et horizontales.

La Figure 8 se rapporte à un damier à 6 cases et montre les valeurs de petites tensions qu'il convient d'ajouter au début de chaque exploration, par exemple 0 v ou 1 v dans le sens horizontal 0v, 1v ou 2v dans le sens vertical.

Le premier champ utilise 0v vertical et 0v horizontal, le second 1v horizontal et 2v vertical ainsi qu'il ressort du tableau.

Dans le cas d'un damier à 9 cases (voir Fig.9), on ajoute 0,1,2v dans le sens vertical et 0v,1v,2v dans le sens horizontal.

Les 9 champs sont obtenus par exemple par les combinaisons de tensions^s additionnelles suivantes :

	<u>1er champ</u>	<u>2e</u>	<u>3e</u>	<u>4e</u>	<u>5e</u>	<u>6e</u>	<u>7e</u>	<u>8e</u>	<u>9e</u>
Horizontal	0	I	2	0	2	I	0	2	I
Vertical	0	I	I	2	0	0	I	2	2

La figure 10 montre de même les tensions additionnelles à ajouter dans le cas d'un damier à 12 cases et la figure 11 dans le cas d'un damier à 16 cases.

Mais même si l'on utilise un balayage à 16 cases, l'effet de grillage est encore assez visible; pour le diminuer, il faut éviter d'utiliser des balayages périodiques ou choisir une loi très compliquée.

J'ai réussi à améliorer le résultat, en réalisant plusieurs combinaisons de damiers comme le représente la figure 12.

IV. - BALAYAGE A COMBINAISONS -

Un damier à 4 cases seulement permet d'obtenir 24 combinaisons différentes.

Si l'on utilise toujours la même combinaison dans tous les damiers et sur toute l'étendue de la surface, comme le représente la figure 13, le résultat est médiocre à cause de cet effet de grillage.

Mais si on utilise pour chaque ligne de damier des combinaisons différentes à tour de rôle comme le représente la figure 14, on obtient un résultat bien meilleur.

On peut obtenir avec des damiers à 4 cases l'équivalent d'un damier à 16 cases.

L'amélioration se poursuit si l'on enchevêtre les combinaisons comme le représente la figure 15.

Etant donné qu'on dispose de 24 combinaisons, on conçoit facilement qu'il est possible de trouver par ces artifices, des combinaisons excellentes.

L'effet de grillage disparaît pratiquement et il est remplacé par un effet de " pluie ".

V. AUGMENTATION DU RENDEMENT LUMINEUX.

Le procédé qui consiste à interrompre le faisceau lumineux à un très mauvais rendement.

Il est possible d'amener le faisceau cathodique sur un point de l'image pendant un certain temps et de le faire sauter très rapidement vers un point voisin en utilisant, comme le représente la figure I6, deux tensions en dent de scie ayant des fréquences très différentes les uns des autres et des "pentes" de signe contraire.

La tension déflexrice a alors la forme d'un "escalier," elle se maintient à des niveaux fixes déterminés et passe brusquement d'un niveau à l'autre.

L'effet de grillage est très réduit et se transforme alors en un effet de "pluie".

Il est prouvé qu'en évitant complètement le scintillement, l'oeil s'accommode assez bien d'images se succédant seulement à des cadences assez faibles, par exemple 12 ou 16 par seconde. C'est ainsi qu'on parvient aujourd'hui à passer dans les salles de cinéma.

VI.- BALAYAGE EN CRENAUX.

Un autre progrès intéressant consiste à donner au faisceau cathodique une trajectoire en forme de crénaux (voir Figure 17). Ce résultat s'obtient très facilement en donnant un déplacement en "escalier" sur la ligne horizontale et en ajoutant une petite tension déflexrice verticale en forme de rectangle.

Ce balayage a l'avantage d'être continu le long de la surface, c'est-à-dire qu'on parvient à explorer sur une même image des points situés sur plusieurs lignes différentes, par un passage progressif .

Sur le même principe, il est possible de généraliser la méthode et de réaliser des balayages en crénaux de rang supérieur.

L'exposé de ces techniques dépasserait le cadre de cette étude.

Du point de vue qui nous occupe, nous retiendrons seulement que ce temps de balayage permet très facilement d'étendre la transparence d'un point à une certaine portion de la surface et cela permet de réaliser à volonté les gros " points " et les petits " points " dont nous parlerons dans la 5ème partie.

2EME CHAPITRECRITIQUE DE L'ART ANTERIEUR.

Le fait que les images successives d'un film ou d'une transmission de télévision se ressemblent, que la transparence des points voisins d'une image ont une grande probabilité d'être semblable et par conséquent que les systèmes actuels de transmission de télévision conduisent à transmettre bien inutilement un très grand nombre d'informations a été bien souvent exprimé depuis plus de 40 ans et l'on voit dans la littérature beaucoup de personnes qui proposent d'utiliser la ligne pour transmettre non plus la valeur de la transparence des points, mais seulement ses variations (c'est-à-dire la dériver).

Ces idées exprimées d'une façon plus ou moins confuse ne tiennent pas compte d'un certain nombre de faits fondamentaux :

1° Il est indispensable de connaître au moins au début la " fonction fondamentale "; il est même nécessaire pratiquement de la connaître assez fréquemment car les phénomènes physiques n'ont pas la rigueur mathématique et l'intensité du signal, mais aurait tendance à varier lentement (à "glisser" dirait-on en langage courant) si l'on ne possédait aucun organe pour le rétablir de temps en temps à sa valeur correcte.

2° Si les images ont une grande probabilité d'avoir des "plages" uniformes, si les images successives ont de grandes chances d'être semblables, ce n'est qu'une probabilité; et, exceptionnellement, il peut arriver spécialement sur une portion de la surface, que la complexité soit très grande et voisine du "hasard presque total".

Il peut arriver, et cela se produit toutes les fois que l'on change de sujet, ou que l'on commute une caméra, sur une autre caméra, que la nouvelle image ait aucune relation avec la précédente :

La réduction du nombre des informations, la compression de la bande passante n'est possible que si la solution proposée permet, même dans ces cas particuliers, exceptionnellement défavorables, d'obtenir quelque chose sur l'écran qui satisfasse provisoirement l'oeil de l'observateur. Beaucoup d'inventeurs n'ont pas abordé le problème, et sont restés dans le vague à ce sujet. Les études pratiquement les plus efficaces ont porté sur les moyens qui permettent de dissocier la cadence du "scintillement " du changement de l'image.

1°) Parmi les très nombreux procédés très ingénieux, je citerai le brevet français de M. Vaux 928.783 qui propose d'utiliser autant d'ondes porteuses qu'il y a de points le long de la surface.

Après avoir réduit la bande passante, en faisant appel à un enregistreur intermédiaire, il parvient à restituer une image dépourvue de scintillement, bien qu'elle soit transmise à une cadence réduite.

L'enregistreur intermédiaire est du type à faisceau cathodique et le balayage de la surface est effectué dans des sens perpendiculaire l'un à l'autre à l'enregistrement et à la reproduction.

1°)

- le brevet aux Etats-Unis de J.M. Hommrichous n° 2.513.176 qui propose d'utiliser plusieurs tubes à faisceaux cathodiques et de commuter les informations.
- le brevet aux Etats-Unis de Mayle, n° 2.472.774 fait appel à plusieurs balayages simultanés.
- le brevet français de Louis Greyffe de Bellecombe, n° 909.949 qui propose d'employer une vitesse de balayage du spot variable.

Dans la partie blanche de l'image, la vitesse est très grande et elle est ralentie pour avoir une bonne définition lorsqu'il y a des détails.

2°) La transmission seulement des parties de l'image qui ont bougé.

- le brevet aux Etats-Unis de N.H. Felix n° 2.000.694.
- le brevet allemand de F. Schröter et le brevet aux U.S.A. n° 2.202.605 correspondent aux brevets aux Etats-Unis de Moynihan n° 2.321.611.

3°) Le système de transmissions codées.

- Brevet aux Etats-Unis de Farlense n° 2.002.208
- Brevet aux Etats-Unis de Valensi n° 2.495.780, etc....

Beaucoup d'autres inventeurs ont entrevu le problème mais n'en ont fourni que des solutions approximatives et incomplètes. Nous pensons que la seule solution viable consiste à transmettre périodiquement des points répartis sur la totalité de la surface de l'image qui permettent de maintenir même dans les circonstances les plus difficiles, l'aspect général des sujets télévisés et de répéter l'éclairement des points autant de fois qu'il est besoin grâce à des appareils d'enregistrement.

....

ETUDES STATISTIQUES -

Récemment, des études statistiques très poussées ont été reprises par des ingénieurs des Bell's Laboratories.

Ils ont notamment cherché à déterminer la valeur moyenne de l'information qui existe dans les différentes parties d'un spectre de courant Video de télévision et / ce que l'amplitude de moyenne était faible. observer

J'ai extrait de leur étude cette comparaison entre une image représentée seule(19) et la valeur du courant qui apparaît dans les différentes portions du spectre des fréquences, figures 20 - 21 - 22.

Il apparaît clairement que le canal employé pour la transmission est très mal utilisé puisque l'amplitude moyenne des composantes élevées est très faible, elle ne dépasse généralement pas 2,5%.

que
Le fait des " redondances " existent sur la surface est donc bien établi aujourd'hui ; les redondances dans le temps sont également bien connues, mais jusqu'ici aucune méthode réellement pratique n'avait été expérimentée parce que le problème soulève de nombreuses conditions simultanées.

3ème CHAPITREORGANES DE COMMUTATION : FABRICATION DE SIGNAUX DEVIATEURS DU FAISCEAU.

Le choix des points utilisés sur chaque champ d'image, l'aiguillage de l'information vers tel ou tel enregistreur, le choix des informations provenant des différents enregistreurs, afin de les combiner dans un certain ordre, enfin le choix des points illuminés à un instant donné sur l'écran, tout cela n'est possible que parcequ'on dispose aujourd'hui de moyens de commutation électroniques extraordinairement rapides.

J'ai spécialement étudié, depuis 15 ans, ces techniques de commutation : elles ont reçu un développement très important et font l'objet de notre seconde thèse ci-jointe. Nous n'en reparlerons donc pas ici, mais nous nous étendrons plus particulièrement sur une application spéciale de cette technique de commutation : celle qui permet de réaliser les signaux déviateurs de tube à faisceau cathodique.

Pour choisir le point désiré sur le damier, il est nécessaire, comme le présente la Figure 52, de donner un petit déplacement général du "cadre" qui correspond à l'image. Ce déplacement doit être obtenu au début de chaque champ d'image, ou encore au début de chaque ligne, quelquefois même au début de chaque "damier".

Pour réaliser ce déplacement, il est nécessaire de créer successivement, comme le représente la Figure 50, des tensions de déflection ayant, au cours du cycle, des valeurs successives exactement déterminées, qui correspondent à des "paliers".

Si l'on dispose d'une tension en "pointe", on peut limiter son amplitude successivement à des niveaux exactement déterminés, au moyen de redresseur et de batterie de polarisation : La figure 47 représente le principe de base du procédé :

Par exemple, si l'on cherche à réaliser le balayage du damier à 16 cases, il est possible de produire périodiquement 16 "pointes" de tension qui sont décalées dans le temps, en utilisant la technique rappelée dans la seconde thèse.

La figure 48 répète le principe de la superposition de tensions sinusoïdales, qui permet d'obtenir des "pointes" de tension. Sur la figure 49, on a représenté côte à côte, ces différentes pointes et l'on a montré qu'on pouvait les couper à 4 niveaux différents, en appliquant plusieurs fois le principe de la figure 47.

La Figure 51 représente le câblage qu'il convient d'utiliser pour obtenir le résultat : on fait appel à des tensions en "phase" et en "quadrature", harmoniques de la fréquence F correspondant au cycle de signaux que l'on désire réaliser et l'on limite l'amplitude de chaque pointe à la

valeur correspondant à la déviation désirée.

Ce montage a l'avantage de ne nécessiter que du matériel classique, mais il est relativement compliqué. On peut obtenir un résultat équivalent, c'est-à-dire plusieurs valeurs "discrètes" qui se succèdent à cadence régulière, en utilisant des tubes à faisceaux cathodiques spéciaux, dans le genre du " Cyclophone ". Récemment des tubes de ce genre ont été étudiés par M. Skellet et aussi par la Société Borrough aux Etats-Unis. Nous ne pouvons pas en parler en détail, cela sortirait du cadre de notre thèse.

4ème CHAPITRE

L'ENREGISTREMENT ET LA REPRODUCTION DES SIGNAUX.

Après avoir passé en revue les différentes techniques qui permettent d'aiguiller les signaux, nous allons examiner comment on parvient à enregistrer d'une façon fugitive les informations et à les reproduire, une ou plusieurs fois, avec un certain retard.

Trois types d'appareils peuvent être utilisés dans ce but :

- 1°) les enregistreurs magnétiques, utilisant les propriétés de rémanence des poudres de fer, ou de ferrite.
- 2°) les enregistreurs électrostatiques, utilisant les propriétés des condensateurs de conserver leur charge pendant un certain temps.
- 3°) les enregistreurs phosphorescents, utilisant la propriété de certains corps de restituer de la lumière un certain temps après qu'ils l'ont reçue

I. - ENREGISTREURS MAGNETIQUES -

Ils consistent essentiellement en des disques ou cylindres recouverts d'une matière plastique dans laquelle est introduite une poudre extrêmement fine, de fer ou d'oxyde de fer. La Figure 23 représente la coupe verticale, la Figure 24 une section partielle, et la Figure 25, le développement montrant les têtes de pick-up.

Ces disques ou cylindres sont entraînés par un moteur synchrone, par exemple à 1500 t/m, et les enregistrements sont effectués sur des pistes circulaires qui ont environ 1 m/m de large. L'enregistrement ou la reproduction ainsi que l'effacement sont obtenus en induisant dans la poudre un flux magnétique assez intense, produit par un petit circuit magnétique en matière extrêmement perméable, tel que mumétal, permalloy, Deltamax, et présentant un minuscule entrefer de l'ordre de 1/100 m/m. qui est situé très près de la surface.

....

L'entrefer peut être disposé perpendiculairement à la piste; sur la figure 30 on a représenté à une échelle agrandie, l'aspect des lignes de champs à la surface du cylindre, ou parallèlement.

Les "têtes d'enregistrement" (Figure 26) ne permettent pas d'enregistrer ou de capter un courant continu, mais seulement des courants alternatifs.

La valeur absolue du champ est assez mal définie, car la distance du circuit magnétique à la surface ne peut être très précise, on doit donc " moduler " les signaux sur une onde porteuse, à fréquence élevée. Il faut choisir une fréquence nettement plus élevée que les plus hautes fréquences que l'on aura à enregistrer (par exemple 60.000 p/s. si les fréquences prévues atteignent 15.000 p/s. mais cependant, pas trop grande, car la distance entre les pôles Nord et Sud alternativement créée sur la surface, risquerait d'être trop rapprochée. Les 525 ou 819 signaux correspondant aux standards habituels peuvent être facilement enregistrés sur un cercle ayant seulement quelques centimètres de diamètre. Les pistes d'enregistrement sont généralement très nombreuses et disposées à une très faible distance les unes des autres (2 m/m.) Pour éviter l'usure de la surface, on peut disposer les " têtes de pick-up " à certaine distance, mais il faut alors prévoir des cylindres d'assez grand diamètre.

La Figure 29 montre un des premiers enregistreurs réalisés. Comme l'encombrement extérieur de la "tête" est toujours beaucoup plus large que la distance entre l'axe des pistes on décale leurs positions, et on les dispose suivant une spirale.

La Figure 33 représente en vue verticale et en coupe partielle l'aspect de 2 groupes d'enregistreurs.

On peut ainsi installer un certain nombre de " groupes " (voir Figure 30) ayant par exemple chacun 14 têtes d'enregistreurs et on les décale les uns par rapport aux autres, de sorte qu'on peut placer les pistes, les têtes utilisant une piste sur 8, et les groupes étant décalés les uns des autres d'un sillon. (Figure 27).

Etant donné que le nombre des points d'une ligne horizontale de télévision est très grand, il a fallu prévoir un très grand nombre de têtes côte à côte. La figure 31 représente un appareil récemment construit par la Société Engineer Research Association à St-Paul (Minnesota) qui comporte 275 têtes d'enregistrement côte à côte.

Etant donné qu'il y a un entrefer (environ 0,05) le diamètre du cylindre est assez grand (10 cm environ), il est aussi possible pour réduire l'encombrement de les monter sur un léger ressort. Dans ce cas, un diamètre de 3 cm. est suffisant pour enregistrer les 819 informations requises par une ligne verticale (voir Figure 28).

....

Nous avons cru longtemps que l'usure 14)
de la surface qui est frottée continuellement (tous les
1/25e de seconde), risquait d'être importante. Nous avons ap-
pris toutefois récemment qu'un essai de 6 mois consécutifs effec-
tué par la Sté BRUSH à CLEVELAND, avait donné satisfaction ;
le remplacement du cylindre ou des disques après une période de
cet ordre est peu coûteux et relativement facile et rend le sys-
tème tout-à-fait viable.

Il est donc probable que les successeurs de
l'appareil décrit sur la Figure 3I seront beaucoup moins
encombrants et pourront, par exemple, être contenus dans un boi-
tier de 6 cm. sur 6 cm. et 30 cm. de long . Toutefois, ce type
d'appareil restera sans doute assez coûteux.

2.- ENREGISTREURS ÉLECTROSTATIQUES.

Un autre procédé pour enregistrer d'une façon
fugitive des informations, consiste à charger successivement un
grand nombre de condensateurs.

J'ai été tenté d'utiliser tout simplement un
frotteur sur une feuille de diélectrique mince et dont l'autre
côté est relié au sol.

Les essais effectués jusqu'ici ne m'ont pas donné
de bons résultats, car la surface frottante du balai n'est pas
bien délimitée et la capacité locale sous le frotteur est minuscule.

Il faut recourir à des contacts de bonne qualité
et de capacités notables.

Dans un autre but, il y a une 15e d'années, j'ai
réalisé un appareil que je vous présente et qui comprend un bon
collecteur ayant plusieurs centaines de lames : chaque lame est
réunie à une capacité notable (100 micro-microfarads) très gran-
de par rapport à la capacité grille qui servira à recueillir
l'enregistrement.

Cet appareil était destiné à retarder les trans-
missions musicales de quelques dixièmes ou centièmes de seconde,
ou encore pour effectuer des transmissions simultanées ou secrètes.

Il est possible de réaliser, sous un très petit
volume, ces capacités, et, étant donné que les courants sont très
faibles, on peut réaliser les collecteurs sous un très petit
volume. J'étudie en ce moment des montages qui comportent de nom-
breux collecteurs côte à côte et sont capables de contenir un
très grand nombre d'informations. L'encombrement d'un tel système
est beaucoup plus réduit que les enregistrements magnétiques et,
de plus, l'appareillage d'alimentation est notablement simplifié
car il n'est plus nécessaire de transposer les informations sur
une " onde porteuse ", comme c'était le cas précédemment.

3. - ENREGISTREMENTS PHOSPHORESCENTS -

Les systèmes décrits jusqu'ici (enregistreurs électrostatiques ou électromagnétiques) utilisent des organes mécaniques tournant et le nombre maximum d'informations qu'on peut accepter (pour le balai ou la tête magnétique de l'enregistreur) dépasse difficilement une centaine de mille par seconde.

Un dispositif répartiteur est donc nécessaire pour passer du canal video unique, aux nombreux enregistreurs indépendants et un système " combinateur " doit aussi être utilisé pour " combiner " les informations individuelles reçues.

On peut simplifier considérablement le montage et obtenir des images " fines " synthétiques utilisant les points enchevêtrés de plusieurs champs d'images successifs en utilisant un système optique et une bande sans fin recouverte de matière phosphorescente.

La Figure 56 représente le principe du système utilisé. Le tube à faisceau cathodique 10 est disposé dans le plan focal d'un objectif à grande ouverture.

Les rayons presque parallèles tombent ensuite sur un système de miroirs demi argentés qui a pour effet de diviser ces rayons lumineux parallèles en 5 parties.

Chacune de ces parties tombe sur un objectif (31 - 32 - 33 - 34 - 35) qui forme ainsi 5 images du tube 10 ayant même grandeur et décalées les unes par rapport aux autres.

Toutes ces images viennent se former sur une bande sans fin 40 qui subit un mouvement de translation uniforme (ou encore un mouvement discontinu de cinématographie).

Le faisceau cathodique du tube subit un mouvement discontinu et atteint successivement un certain nombre de points sur chaque ligne :

En appliquant des petites tensions déviatrices auxiliaires on parvient à changer la position des points choisis sur chaque ligne au cours de chaque balayage.

La superposition optique des diverses images peut être réalisée d'une façon très parfaite et, étant donné qu'il n'existe qu'un seul tube à faisceau cathodique, la position relative des divers points est parfaitement déterminée; l'enchevêtrement des divers points élevés sur les champs d'images successifs est obtenu très exactement et l'on supprime une bonne partie des systèmes d'aiguillage électriques qui étaient nécessaires avec les procédés décrits précédemment.

5ème CHAPITRE

REDONDANCES DANS LE TEMPS :

LIAISON ENTRE STATIONS D'EMISSION AU MOYEN DE BANDES REDUITES.

Nous avons exposé dans la 2ème partie, (études antérieures) pourquoi il n'était pas possible de transmettre seulement la "dérivée" de la transparence des points.

Les méthodes proposées jusqu'ici pour réduire la bande passante ne donnent pas satisfaction, car, elles tombent en défaut dans le cas exceptionnel où tous les points viennent à varier de transparence en un temps très court.

Il est indispensable que le procédé utilisé fournisse même dans ce cas quelques silhouettes grossières de l'image télévisée, qui satisfasse provisoirement l'oeil de l'observateur.

I. - POINTS DE DIMENSIONS VARIABLES -

Cette nécessité n'est apparue^{que} depuis une dizaine d'années, et j'ai remarqué que la bande passante même lorsqu'elle est très réduite, permet toujours de transmettre très rapidement une image " grossière "

Par exemple, si l'on consent à utiliser des points qui sont 2 fois plus grands dans chaque sens, on peut transmettre sans retard le même sujet télévisé avec un nombre d'informations 4 fois moindre (bande passante 4 fois plus faible).

Combinant, cette idée avec celle du balayage par points entrecroisés qui m'était familière depuis de nombreuses années, j'ai eu alors l'idée de réaliser à la réception un balayage de l'image dans lequel la dimension des points serait capable de varier suivant les circonstances.

Si l'image télévisée est immobile, on peut tolérer un temps appréciable (par exemple la durée de 4 ou 5 champs d'images successifs), pour transmettre les fins détails; Par contre, si l'image télévisée varie rapidement, il est nécessaire de suivre sans retard appréciable les variations de transparence sur toute la surface.

La méthode de "balayage" par "points entrecroisés" utilisée seule comme je le faisais il y a une dizaine d'années, ne donne pas satisfaction car un effet de "grillage" intolérable apparaît alors : l'objet télévisé qui se déplace apparaît en "ponctué" au milieu des anciens points dont la transparence n'a pas encore varié, et l'observateur n'est pas satisfait.

Mais lorsque l'image se déplace rapidement, 17) l'observateur n'a pas la possibilité de distinguer des détails fins: On peut profiter de cette heureuse circonstance physiologique de l'oeil pour augmenter la dimension des points de l'image.

Si cette augmentation est réalisée localement seulement, l'observateur n'éprouve pratiquement aucune gêne.

Pratiquement, un très petit nombre de points ont leur transparence qui varie au cours de plusieurs champs d'images successifs. Pour connaître ces points, j'ai utilisé avec efficacité, une méthode de tirage photographique qui permet d'obtenir à peu de frais le même résultat que l'on obtient par des méthodes de comparaisons électriques.

La Figure 31 représente l'image d'un objet télévisé dans une première position et la figure 32 l'image suivante du film ou transmise par "courant Video". On a supposé que la bande représentée sur la Figure 31 avait tourné d'un petit angle. Pour tirage photographique, on peut obtenir, de chaque image, comme le représente la Figure 33, un autre type ou négatif, c'est-à-dire que les parties "noires" de l'image sont devenues blanches, et les parties "blanches" sont devenues "noires".

On parvient à connaître les parties de l'image qui ont changé par "excès" en faisant un tirage sur film à grand contraste, après avoir superposé le "positif" de l'image n°1 et le négatif de l'image n°2 (voir Figure 34).

On parvient à connaître les parties de l'image qui ont changé par "défaut", en faisant un tirage sur film à grand contraste, après avoir superposé le négatif de l'image n°2 et le positif de l'image n°1.

Enfin, on peut parvenir à connaître les parties qui ont "changé" en ajoutant les 2 précédents tirages, et en faisant encore un tirage sur papier à grand contraste.

Le même résultat peut être obtenu par des procédés électroniques.

Si l'on a enregistré complètement tous les points de la première image, on peut, au moment où arrive chaque point de la 2ème image, en effectuer à nouveau la lecture de la première, et l'on obtient ainsi deux courants "Video" l'un actuel, l'autre retardé. Il est facile alors de comparer la valeur de courants ce qui revient à comparer le signal arrivant au même moment. On utilise cette information pour produire un signal d'aiguillage.

Au lieu de comparer les champs de balayage successifs, on peut le faire après un décalage de 2, 3, 5, 6 etc... de chaque champ d'image.

Pratiquement, j'ai utilisé un balayage à 5 champs d'image successifs ce qui m'a conduit à comparer chaque point de la 1ère image avec le point correspondant situé dans le 6ème champ d'image.

Il est difficile d'illustrer sur un dessin le phénomène tel qu'il apparaît aux yeux de l'observateur, car, le dessin ne permet d'exprimer la variable " temps " qu'en faisant appel à un ~~amplificateur~~ *phénomène* de translation (cette translation nous est bien familière lorsque nous représentons la courbe d'un courant alternatif (on utilise sous forme de Vecteur) mais cette figure ne correspond à aucune réalité physique. Sur les Figures 36 à 42, j'ai tenté de faire comprendre au lecteur le phénomène, en représentant une bande oblique qui est progressivement découverte au fur et à mesure qu'un obstacle de forme rectangulaire vient à le démasquer.

La " coordonnée temps " est alors rendue visible par sa " trace " sur l'image dont elle produit une déformation.

Si l'obstacle se déplace d'abord lentement (fig.36) le contour de la bande oblique est donné avec une bonne précision de détails (points fins) . Mais si l'obstacle se déplace rapidement, (fig.38,39,40,41), le contour de la bande n'est transmis par le canal de télévision que tous les 5 champs d'images. Nous n'avons donc plus la possibilité d'espérer que la bande oblique sera tracée avec la même définition, mais seulement au moyen de " gros points " et l'aspect de la bande sera moins parfait, (aspect d'escalier) à gros points.

Si l'on suppose que le déplacement de l'obstacle a été lent (fig.42) la bande est au contraire très bien délimitée (points fins). Si l'on accélère à ce moment, la suite de la bande sera un peu flou et moins fine (fig.43).

Le principe du " balayage " des images au moyen de deux dimensions de points étant admis comme étant la solution la plus favorable du problème, il s'agissait de trouver une technique relativement simple permettant de mettre en application le procédé. . Après de nombreux tâtonnements utilisant des " balayages en damier " de formes diverses, mon choix s'est arrêté sur le système suivant qui satisfait à la fois au désir de réduire le scintillement, d'étendre les dimensions des points d'une façon acceptable dans les deux sens, et d'être réalisable par des montages électroniques relativement simples.

II. - BALAYAGE EN DAMIER UTILISANT L'ENTRELACEMENT DES LIGNES.

Le balayage en damier à 10 cases décrit sur la figure 44 est particulièrement avantageux pour l'application à la réduction de la bande passante. A chaque champ d'image, deux cases sont utilisées dans chaque damier, par exemple, le 1er champ d'image (I) utilise deux points marqués I, (le premier point de la 1ère ligne, et le 2ème point de la 3ème ligne). Comme on peut l'observer, les positions des points utilisés sont séparées l'une de l'autre horizontalement et situées dans des colonnes différentes.

Le second champ d'image utilise encore deux cases disposées d'une façon semblable mais "décalées" de 2 unités dans le sens horizontal et de 1 unité dans le sens vertical, le 3ème point de la 2ème ligne et le 4ème point de la 4ème ligne. Le 3ème champ d'image utilise encore 2 cases disposées d'une façon semblable, mais décalées de 1 unité dans le sens vertical et de 1 unité dans le sens horizontal (le 4ème point de la 1ère ligne et le 5ème point de la 3ème ligne et ainsi de suite).

Après l'image paire utilisant les points 1, l'image impaire utilisant le point 1'; l'image paire utilisant les points 2, le balayage se produit par l'image utilisant le point 2', l'image paire utilisant le point pair 3, impair 3', pair 4, impair 4', pair 5, impair 5', après quoi le cycle recommence.

La figure 45 montre la position respective des cases utilisées dans chaque damier, respectivement au cours des 10 champs d'images qui sont nécessaires pour explorer tous les points de l'écran; Ainsi qu'on peut l'observer, les points utilisés au cours des balayages successifs sont situés assez loin les uns des autres. Le mélange des points est très parfait, le scintillement est très réduit et les phénomènes stroboscopiques sont assez restreints. L'effet du "grillage" ou scintillement local est assez faible et l'on s'approche du balayage correspondant au hasard complet qui donne un effet " de pluie " le plus avantageux.

Dans le cas de l'application en télécinématographie, les champs pairs et impairs sont prélevés sur la même image du film. La figure 46 montre les positions respectives des 4 points qui sont utilisés sur chacune des 5 images correspondant à un cycle. Il apparaît clairement que l'enchevêtrement des points est excellent.

III. - CIRCUITS ELECTRIQUES PERMETTANT DE REALISER CE BALAYAGE.

Bien que l'enchevêtrement des points utilisés soit très poussé, il est relativement facile de choisir parmi les valeurs successives du courant Video, car sur chaque ligne horizontale balayée, on prélève un point sur 5. Les positions des points sur les champs impairs sont décalées de 1 unité, par rapport au champ pair. Pour obtenir ce décalage, on fait appel (voir figure 53) à une ligne artificielle à retard (ligne 24).

Les bornes de cette ligne à retard sont connectées à l'une des grilles de contrôle d'un tube à 2 grilles, tandis que l'autre grille reçoit des signaux rectangulaires d'aiguillage : les plaques de 2 tubes sont connectés en parallèle du circuit de sortie; à chaque fin de ligne, la position des points est modifiée.

De même, on peut observer que les points choisis pour chaque groupe de champs (pairs et impairs), sont décalés entre eux : Une seconde ligne artificielle à 5 éléments : (30, 31, 32, 33, 34) permet d'établir ce décalage.

....

Les bornes de la ligne à retard sont reliées à l'une des grilles de contrôle, tandis que l'autre grille reçoit au moment opportun les tensions d'aiguillage.

Etant donné que la durée d'un champ d'image est un temps relativement important, une commutation se chiffre par plusieurs millièmes de seconde. Une commutation mécanique entraînée par un moteur synchrone peut être utilisée (commutateur 36).

Les schémas décrits ici ne servent qu'à montrer le principe du système utilisé. Beaucoup d'autres variantes peuvent être employées dont quelques unes sont plus simples.

La figure 54 montre la forme des signaux captés sur le courant Video (A, A', A'') et l'aspect à l'arrivée lorsqu'on prolonge artificiellement l'effet de l'impulsion 44 A, 45 A, 46 A, etc...

La figure 45 explique comment on parvient à rétablir à l'arrivée des impulsions dans leurs positions respectives, en faisant appel à des tensions de ligne à retard ayant des valeurs variables. Chaque tronçon est relié à un tube à 2 grilles de contrôle et les différents tubes sont mis^{en} service à tour de rôle au cours de chacun des champs d'image.

IV.- CHOIX DES POINTS UTILISES AU COURS DES BALAYAGES SUCCESSIFS. EN FAISANT APPEL A DES TENSIONS DEVIATRICES DU FAISCEAU CATHODIQUE.

Les schémas que l'on vient de décrire permettent de choisir les points utilisés dans chaque champs d'images utilisant le courant Video d'une caméra électrique classique, ou d'illuminer certains points de l'écran d'un tube à faisceau cathodique dont aucune de ses caractéristiques de balayage n'a été modifiée.

Mais il est possible d'obtenir un résultat équivalent en faisant appel à des tensions déviateurs auxiliaires qui sont ajoutées aux tensions de scie classiques.

Sur la figure 50 on a représenté en ABCD le cadre de l'image que balaye normalement le tube à faisceau cathodique. En ajoutant des tensions auxiliaires sur le système déviateur horizontal, on peut déplacer ce cadre de quantités H1, H2, etc... En ajoutant des tensions auxiliaires sur le système déviateur vertical, on peut le déplacer d'une quantité H1, H2 etc... Ces deux mouvements peuvent être obtenus simultanément et le problème essentiel consiste donc à créer pour chaque champ d'images, la tension auxiliaire déviatrice verticale, la tension auxiliaire déviatrice horizontale, qui sont nécessaires pour atteindre les points choisis.

....

On peut utiliser dans ce but des tubes à faisceau cathodique spéciaux, dans le genre du cyclophone, mais la méthode la plus simple consiste à faire encore appel à des tensions déphasées les unes par rapport aux autres et à un montage de redresseurs utilisés comme limiteur.

La figure 47 rappelle la technique utilisée (et décrite très en détail dans la deuxième thèse) pour obtenir des "pointes" de tension déphasée les unes par rapport aux autres.

En superposant plusieurs tensions sinusoïdales harmoniques les unes des autres, avec la phase convenable pour que le "maxima" de chaque sinusoïde coïncide.

Il est possible, en utilisant un redresseur relié à une batterie ayant une valeur choisie, en introduisant une résistance en série, de limiter l'amplitude de la "pointe" à une valeur exactement connue (voir figure 48).

La figure 51 montre le schéma de montage qu'on peut utiliser. Si l'on se reporte à la seconde thèse, on se rappellera qu'à l'aide d'oscillateurs K1F, K2F, synchronisés sur les impulsions de fin de ligne ou d'image, on peut engendrer (en 206, 207, 208, etc...) des tensions complexes en "pointes" décalées les unes par rapport aux autres.

Supposons que nous désirions choisir 4 valeurs différentes de l'amplitude des signaux déviateurs.

Nous utilisons une source d'alimentation de courant continu 2I2 qui comporte 4 prises.

Le limiteur (tel que 2I6, 2I7, 2I8, etc...) est relié (par le commutateur 2I3, 2I4, 2I5, etc...) à la valeur de l'amplitude que nous dévions pour chaque signal.

Sur la figure 48, la première pointe 2I est par exemple, limitée à 0 V, la deuxième pointe 22 est limitée à 20 V. la troisième 23 est limitée à 30 volts, la quatrième à 10V etc... Ces valeurs 0 V, 20 V, 30 V, 10 V etc... peuvent être choisies grâce aux commutateurs, même si la fréquence F est très bien élevée, les valeurs se succèdent à une cadence très régulière et le système déviateur du tube à faisceau cathodique 83 "décale" la position des points explorés d'une façon très précise.

La figure 49 représente un certain nombre de "damiers" d'exploration qui peuvent être utilisés; on a indiqué dans chaque cas les valeurs des amplitudes déviatrices qu'il convient d'utiliser et l'on représente comment ces différentes tensions peuvent être obtenues au cours du temps sur les diverses bornes 2I9, 220, 221.

L'addition de ces différentes tensions peut être faite simplement par des résistances de découplage ou même encore par des redresseurs qui évitent les réactions entre les différentes parties du circuit.

Le même principe peut être utilisé pour la télévision en couleur et permet un enchevêtrement des points colorés particulièrement intéressant.

L'exposé de cette technique dépasserait le cadre de cette étude.

V. APPLICATION DE LA REDUCTION DE LA BANDE PASSANTE A LA TRANSMISSION DU COURANT VIDEO ENTRE STATIONS D'EMISSIONS.

Dans l'état actuel de la technique, il n'est pas possible d'envisager l'utilisation de ces méthodes de transmission pour les postes récepteurs chez les particuliers, car la complication et la prise de l'installation sont tout-à-fait prohibitives; mais le système est particulièrement intéressant pour assurer la liaison entre les stations d'émissions très éloignées entre elles.

A titre d'exemple, nous avons donné sur la figure 55 le schéma général d'une installation qui sera située dans l'une de ces stations, à la sortie du câble 149 (coaxial ou hertzien), à bande réduite ayant servi à transmettre ces signaux. On commence par séparer en 150, les signaux de fin de ligne et de cadrage qui ont une amplitude différente des signaux Video.

Avec les signaux de fin de ligne on engendre en 154, les différentes fréquences K_1F , K_2F , qui fournissent les signaux d'aiguillage permettant de répartir les canaux "Video" (arrivant à cadence rapide) en un certain nombre de conducteurs, par exemple 20 conducteurs dans lesquels la cadence des signaux est réduite 20 fois.)

Cette opération est effectuée dans le répartiteur primaire 160. Après l'amplification, les signaux de ces différentes lignes (voies principales) sont à nouveau répartis entre des voies indépendantes en 162; par exemple, entre 200 voies, grâce à des tensions d'aiguillage encore obtenues par un jeu d'oscillateurs synchronisés 156. On parvient ainsi à effectuer les enregistrements sur l'un des 5 groupes d'enregistreurs magnétiques 164. Pour cela, les 200 Lignes passent dans un 3ème répartiteur où elles sont aiguillées à nouveau et transposées sur onde à haute fréquence (grâce à l'oscillateur 161).

L'enregistrement est effectué sur les tambours 165 qui sont entraînés par un moteur synchrone 158. Celui-ci entraîne aussi un commutateur tournant qui fournit les signaux d'aiguillage nécessaires pour choisir les champs d'image.

Les têtes d'enregistreurs magnétiques servent ensuite périodiquement à la reproduction et l'on utilise à nouveau les tensions en "pointe" déphasées fournies par les oscillateurs 154 pour continuer les signaux provenant des canaux indépendants pour alimenter des voies principales.

....

Celles-ci sont combinées une seconde fois en 170, puis dans un sélecteur 172 permettant de choisir entre les différents champs d'image successifs.

On passe ensuite dans l'organe de comparaison 174 entre les signaux enregistrés (5 champs d'images auparavant) et les derniers signaux reçus directement. Cette compensation permet de faire varier la dimension apparente des points en prolongeant l'effet du signal direct sur 3 points et en supprimant l'arrivée des 4 accès de signaux enregistrés sur un des 4 autres champs d'images.

Le signal Video finalement obtenu est ajouté aux signaux de fin de ligne et de fin d'image pour moduler la station d'émission 102.

La bande "large" classique ayant été constituée, n'importe quel récepteur de télévision peut recevoir l'image sans avoir à connaître par quel moyen les signaux ont été véhiculés.

On passe ensuite dans l'organe de comparaison 174 entre les signaux enregistrés (5 champs d'image auparavant) et les derniers reçus directement; cette comparaison permet de faire varier la dimension apparente des points en prolongeant l'effet du signal direct sur 5 points et en supprimant l'arrivée des 4 autres signaux enregistrés sur un des 4 autres champs d'image.

Le signal Video finalement obtenu est ajouté aux signaux de fin de ligne et de fin d'image pour moduler la station d'émission 102.

La bande "large" classique ayant été reconstituée, n'importe quel récepteur de télévision peut recevoir l'image sans avoir à connaître par quel moyen les signaux ont été véhiculés.

VIII . MONTAGE SIMPLIFIE UTILISANT UNE BANDE SANS FIN PHOSPHORESCENTE.

Les montages décrits ci-dessus sont d'une technique assez classique, mais la difficulté et le prix provient surtout du très grand nombre d'éléments qui entrent dans le montage.

Sur le même principe de base, il est possible de réaliser un montage beaucoup plus simple en faisant appel à la bande sans fin phosphorescente et au système optique permettant de superposer 5 images que nous avons déjà décrit dans la 4ème partie de cette thèse.

La figure 56 représente le principe d'un tel montage : Après avoir formé, par 5 opérations successives, l'image "fine " sur le film phosphorescent 40, on peut en effectuer la lecture à l'aide de la caméra électronique 20. La difficulté principale provient du faible niveau du courant obtenu à la sortie de cette caméra.

Mais l'emploi comme tube à faisceau cathodique 10 d'un appareil très lumineux de projection (on arrive aujourd'hui à envoyer 10¹⁰ lignes par exemple) fonctionnant sur haute tension, et l'emploi d'objectif très ouvert (+0,5) rend le système viable.

Après que l'image ait été utilisée, le film remonte à la partie arrière et l'on produit l'effacement de rayons infra-rouges fournis par exemple par la lampe 29 et l'écran 38.

Avec ce système l'appareillage est alors considérablement simplifié puisque les systèmes répartiteurs et combineurs en cascade peuvent être supprimés et la localisation des points enchevêtrés est réalisée d'une façon très parfaite et sans système d'aiguillage électrique.

IX. TUBES A FAISCEAU CATHODIQUE A MEMOIRE.

Il est aussi possible d'employer un tube à faisceau cathodique comportant un très grand nombre de cibles, isolées les unes des autres et d'utiliser soit deux faisceaux cathodiques disposés de part et d'autre de la cible, soit des électrons de vitesses différentes pour assurer alternativement le départ des charges électriques sur chaque cible (enregistrement) soit la capture d'un courant électrique fonction des charges qui ont été précédemment déposées.

6ème CHAPITRE.

UTILISATION DES REDONDANCES LE LONG DE LA SURFACE.

Les techniques que nous venons d'exposer sont basées sur la similitude des images successives télévisées.

La raison profonde et philosophique de cette similitude est sans doute l'inertie mécanique de tous les objets qui nous environnent.

Nous sommes très loin du chaos dans le temps et il faut un temps très long pour que le spectacle qui s'offre à nos yeux subisse de sérieuses transformations.

Il est possible de réaliser une nouvelle économie dans les informations (bande passante) par le fait que chacune des images télévisées "représente quelque chose" que la transparence des points est donc très loin du chaos qui correspondrait au pur "hasard", celui que l'on réaliserait, par exemple, avec des grains de sable noirs et blancs en quantités égales que l'on mélangerait intimement.

Du point de vue de l'ingénieur de la télévision, ce phénomène se traduit par le fait que la transparence des points successivement explorés a une très grande probabilité d'être semblable : les "dérivés" du courant Video ont une amplitude très faible par rapport au terme fondamental.

Cela est exact si l'on explore une "ligne" droite de l'image, mais cela est encore plus exact si l'on réalise un balayage crénelé simple ou de rang supérieur, qui permet de balayer à la suite les uns des autres un grand nombre de points situés dans la même région de l'image.

La probabilité de répétition dépasse alors 5 et il devient avantageux de faire appel à une nouvelle technique de transmission, dans laquelle on utilise sur la ligne non seulement le signal "Video", mais un signal de "Répétition".

II.- USAGE D'UN SIGNAL DE "REPETITIONS".

On sait qu'il est classique aujourd'hui de séparer les signaux de "fin de ligne" et de fin "d'images" par leur niveau : Par exemple, la modulation Video va de 0 à 70% et l'amplitude de signal, les signaux de fin de ligne et fin d'images, atteignent 100%.

On peut utiliser de la même façon un signal spécial de "Répétition" qui succède à chaque point pour indiquer que la valeur de la transparence transmise doit être étendue à 4 points successifs. Par contre, s'il existe quelques détails dans l'image, les valeurs successives de transparence sont transmises comme à l'ordinaire, chacune avec sa valeur propre et sans faire usage du signal "Répétition".

On réalise ainsi une économie d'information, toutes les fois qu'il existe un groupe de 4 points ayant la même densité, ce qui se produit plus de la moitié des fois.

L'économie pratique réalisée est en moyenne de 50%.

....

III. UN ORGANE DE MEMOIRE EST NECESSAIRE.

Si l'on part initialement d'une caméra électrique balayée à la cadence habituelle, un organe de mémoire est indispensable au poste de départ pour répartir le temps disponible.

La transmission sur le câble de liaison est réalisée à une cadence plus lente que celle de l'exploration de chaque point effectué par la caméra électronique, mais cette cadence est notablement plus rapide que celle que l'on aurait si l'on ne transmettait qu'une information sur 4.

L'organe de mémoire réalise une "compensation" des temps, ce que l'on désigne, en terme d'imprimerie, sous le nom de "justification".

Pour réaliser pratiquement, j'ai commencé l'étude d'un tube à faisceau cathodique très spécial représenté sur la figure 59.

Ce tube comporte 2 rangées de câbles électriques isolées indépendantes (83 et 89).

Il comporte, en outre, deux faisceaux électroniques de balayage situés respectivement des deux côtés de ces cibles.

La première cathode (80) fonctionne comme une tension accélératrice relativement faible et le faisceau électronique a pour effet de déposer des charges sur les cibles.

L'émission secondaire de la cible est faible.

La seconde cathode (59) fonctionne au contraire avec une tension très élevée et comme l'arrière de la cible est spécialement traité pour fournir une émission électronique arrière, a pour effet de "décharger" les cibles et fournit un courant qui permet la lecture des inscriptions qui ont été effectuées par le premier canon(80)

La lecture et l'enregistrement peuvent être effectués à volonté à deux vitesses différentes et le changement de vitesse de balayage peut être réalisé plusieurs fois de suite et à des époques quelconques.

La figure 57 représente, en fonction du temps le déplacement du faisceau cathodique le long de la ligne horizontale : Au lieu d'une pente uniforme pour la "dent de scie" classique, on dispose de 2 pentes différentes que l'on utilise alternativement.

La fig.58 représente le schéma de montage utilisé dans ce but; on utilise, par exemple, un relaxateur à thyratron (920) comprenant une capacité 92 rechargée progressivement par une grande résistance 92 c.

On introduit en parallèle sur la résistance 92c un second circuit qui permet de réduire à volonté la valeur apparente de cette résistance, par exemple au moyen d'une triode 92 g. dont la grille peut être contrôlée.

Le courant additionnel fourni peut être maintenu à une valeur constante (on utilise pour cela un tube spécial à intensité constante).

En rendant la triode 92g conductrice ou isolante au moyen de signaux rectangulaires appliqués à sa grille, on peut changer la pente de la dent de scie et obtenir la courbe de décharge du condensateur du thyratron représentée sur la figure 57.

On dispose, le long de chaque rangée, d'un nombre de cibles qui est intermédiaire entre le nombre total de points de la ligne horizontale (par exemple 80 V) et le quart de ce nombre (200) par exemple on installe 400 cibles.

Si la transparence de chacun des groupes de 4 points était la même, le nombre des informations à transmettre pour chaque ligne horizontale de l'image télévisée serait seulement de 200 et il resterait une marge disponible importante.

Si, au contraire, tous les points de la ligne horizontale avaient des densités successives différentes, le nombre de cibles serait insuffisant, puisqu'il n'y a que 400 cibles disponibles pour les 800 points.

En général, le nombre de cibles utilisées sera compris entre 200 et 40 v.

Le dispositif à mémoire est à sa limite de capacité s'il y a le long de la ligne 66 groupes de points ayant des densités différentes et 133 groupes de points ayant même densité; car $400 = 133 + 4 \times 66$.

Si cet événement, très peu probable, se produit, il est nécessaire que l'oeil de l'observateur ne soit pas trop incommodé ce qui arriverait fatalement si l'on arrêta de transmettre les informations à la fin de la ligne.

Pour éviter cette difficulté, un artifice additionnel permet dans ce cas d'utiliser l'image grossière, c'est-à-dire de ne transmettre qu'une information sur 4 et d'étendre dans chaque groupe la valeur de la transparence aux 4 points qui le suivent quelle que soit sa valeur.

Ce système "de secours" est déclenché automatiquement par une cible spéciale 94 qui informe que le "plein" est fait.

IV - INSTALLATION GENERALE.

La transmission qui a été ralentie au poste de départ, doit être accélérée à l'arrivée, c'est-à-dire qu'il faut aussi disposer d'un dispositif à mémoire qui reproduise les informations sur des cibles identiques à celles du départ si l'on veut effectuer la lecture à vitesse constante et recouvrir le canal "Video" initial, capable d'être reçu par n'importe quel récepteur de télévision.

Mais il est ^{possible} prévisible aussi d'alimenter directement l'oscilloscope si l'on prend soin de faire varier la brillance du spot en fonction inverse de sa vitesse.

Dans ce cas, le signal de répétition a pour effet d'accélérer la cadence de balayage et d'augmenter en même temps son intensité .

Le système qui permet le balayage à vitesse variable est encore basé sur le même principe que celui décrit sur les figures 56 et 57.

7ème CHAPITRE

REDUCTION DE LA BANDE PASSANTE EN TELEVISION EN COULEUR.

La lumière fournie par les objets qui nous environnent ont un "spectre" qui est à la fois fonction de la source lumineuse qui a servi à les éclairer et des caractéristiques de filtrage qui leur sont propres.

La restitution parfaitement fidèle de la télévision en couleur est donc extrêmement complexe puisqu'il faut, en principe, ajouter aussi la 3ème coordonnée aux deux autres correspondant à la surface de l'écran et transmettre avec ou sans fil, toutes ces informations par un canal unique!

Heureusement l'oeil ne possède qu'une notion tout-à-fait vague de la "couleur": depuis Ducas du Hanon, il est bien connu qu'en ajoutant 3 images indépendantes, l'une verte, l'autre rouge et la troisième bleue, on obtient une synthèse additive pratiquement satisfaisante.

I.- METHODES CLASSIQUES DE TELEVISION EN COULEUR.

La méthode classique la plus simple pour transmettre la télévision consiste à accélérer la cadence de balayage suffisamment pour que la surface de l'image soit balayée 3 fois dans le même temps qu'on balayait précédemment une image en noir et blanc.

On a reconnu que la cadence de changement des images pourrait être réduite car l'oeil est moins sensible à un scintillement coloré provenant de la succession de 3 images qu'il ne l'est lorsque une seule image est seulement projetée (par exemple l'image verte) à la même cadence.

On a donc été amené à utiliser un nombre de balayages réduits dans le rapport de $\frac{30}{24}$)

si
On s'est aperçu aussi que l'oeil était capable de discerner avec une grande acuité les détails de la transparence (en noir et blanc) il était incapable de discerner la couleur sur de très petites surfaces, ce que les techniciens appellent la chrominance, (c'est-à-dire , par exemple, le rapport du vert au rouge et du vert au bleu).

....

II.- BALAYAGE PAR POINTS SEPARES APPLIQUE A LA COULEUR.

Le balayage par points séparés convenait donc particulièrement pour répondre à cette propriété de l'oeil et des études et réalisations très poussées ont conduit à l'établissement de standards de télévision de couleur (NTSC) qui donnent une très bonne utilisation de la bande passante en utilisant non plus une bande passante 3 fois plus large à égalité de finesse de l'image, mais seulement 1,3 fois plus large environ.

La description de ces techniques dépasserait le cadre de la présente étude.

III.- UTILISATION DE REDONDANCES DE LA CHROMINANCE.

La technique décrite dans les 3 premières parties de cette étude peut être évidemment appliquée à chacune des 3 images monochromes utilisées indépendamment. Mais il est possible de faire beaucoup mieux, car l'oeil n'éprouve pas un très grand besoin de connaître avec exactitude la localisation de la chrominance et des défauts de coïncidence entre la couleur et les contours sont sans grande importance.

Le souvenir des images d'Epinal de nos ancêtres, les films colorisés des premières années du cinéma, nous ont prouvé combien l'oeil pouvait être satisfait même lorsque la couleur a été mal appliquée par de mauvais pochoirs.

L'ingénieur radio électricien moderne peut profiter de cette circonstance pour réduire énormément la quantité d'informations qui est nécessaire pour transmettre la couleur.

IV. - BALAYAGE EN DAMIER ET CHROMINANCE.

La technique du balayage en "damier" permet aussi d'utiliser seulement 2 informations de chrominance pour un groupe de points et d'étendre la couleur sur toute la surface d'un damier élémentaire, ce qui réalise une économie considérable de "bande passante".

De même que l'oeil s'accommode assez bien d'un léger défaut de concordance de la couleur le long de la surface d'une image, il tolère également que la "couleur" ne suive pas immédiatement le changement de transparence.

Cette tolérance est particulièrement bonne si les coefficients choisis pour déterminer la transparence relative de chaque couleur monochrome par rapport au blanc sont convenablement choisis. Dans ce cas, l'oeil suit le tracé du déplacement de l'objet en "noir et blanc" et la couleur peut ne lui succéder qu'après un certain délai.

L'expérience prouve que ce délai est assez long et peut atteindre environ 1/10ème de seconde.

....

En faisant appel à des dispositifs enregistreurs tel que ceux que nous avons décrits, il est possible d'étendre la transmission des informations de chrominance sur plusieurs champs d'images successifs.

La transmission colorée ayant été réalisée par ces procédés utilisant une bande comprimée, on peut la restituer localement et reconstituer les signaux de couleur par les méthodes classiques (balayage par champs d'images colorées successifs sur système NTSC), avec onde porteuse auxiliaire et à haute fréquence mélangée. Ces nouvelles techniques ne sont encore que dans l'enfance et seront appelées à connaître une grande extension dans l'avenir..

Leur étude détaillée sortirait du cadre de cette thèse.

Il paraît certain d'ores et déjà que ces nouvelles techniques permettent de transmettre la courbe avec une bande de fréquence à peine supérieure de 30% à celle nécessaire en " noir et blanc "

C O N C L U S I O N

Les méthodes de transmission utilisées jusqu'ici pour la télévision ont eu l'avantage d'être très simples et de nécessiter un appareillage relativement peu compliqué et économique.

Mais elle sont très loin d'avoir épuisé les possibilités physiologiques de l'œil.

Pour un nombre d'informations donné, c'est-à-dire une bande passante choisie, la finesse de l'image peut être considérablement augmentée, le scintillement peut être réduit et la couleur peut être fournie en supplément.

Les redondances le long de la surface permettent d'espérer une réduction de moitié de la bande passante, et les redondances de la transparence des images successives permettent d'espérer une réduction de l'ordre de 3 à 5.

Le gain total que l'on espère est de l'ordre de 7,5.

La couleur peut être transmise moyennant un supplément de bande passante de l'ordre de 30% seulement. On peut donc espérer qu'à égalité de finesse de l'image, il sera possible de réduire environ 5 fois la bande actuellement utilisée.

Le principe du changement automatique de la dimension des points peut servir de base à un procédé très efficace dans lequel on utilise la technique du balayage par points séparés et un système d'enregistrement des signaux à l'arrivée, permettant d'utiliser plusieurs fois de suite les mêmes informations. Ce résultat obtenu au moyen de système d'aiguillage et de commutation statique de mêmes informations, est relativement simple.

Les méthodes actuellement disponibles pour effectuer cet enregistrement (enregistreurs magnétiques, enregistreurs électrostatiques, enregistreurs phosphorescents), sont encore trop compliqués et coûteux pour pouvoir être utilisés dans les postes récepteurs des particuliers et le procédé est seulement utilisable actuellement pour relier entre elles les stations d'émission de radiodiffusion.

Le même système, appliqué à la transmission des images en couleur, permet si l'on consent à de minimes erreurs dans la coïncidence entre la transparence et la chrominance, ainsi que de minimes erreurs de coïncidence dans le temps, de transmettre en couleur des images ayant la même finesse qu'actuellement, mais en utilisant seulement une bande 5 fois plus faible que celle qu'on emploie aujourd'hui.

DEUXIÈME THÈSE

LISTE DES FIGURES ILLUSTRANT LA DEUXIEME THESE:
sur LES TECHNIQUES DE COMMUTATION ELECTRONIQUES.

- Figure 1 Commutation par electro-aimants.
Figure 2 Commutation par valves.
Figure 3 Forme du courant commuté.
Figure 4 Fabrication d'une amplitude connue.
Figure 5 Idem, Courbe de fonctionnement.
Figure 6 Schemas donnant des signaux rectangulaires periodiques.
Figure 7 Idem.
Figure 8 Aiguillage entre 3 canaux independants.
Figure 9 Idem.
Figure 10 Modulation d'un signal rectangulaire par haute frequenc
Figure 11 Signaux rectangulaires dans un circuit isole.
Figure 12 Idem.
Figure 14 Forme du courant Video.
Figure 15 Pente maximum du courant Video.
Figure 16 Courbe transformée en escalier.
Figure 17 Schema donnant une courbe en escalier.
Figure 18 Analogie mécanique: Pince.
Figure 18' Commutation par triode.
Figure 19 Commutation par tube a deux grilles de contrôle.
Figure 20 Commutateur mecanique tournant.
Figure 21 Ligne artificielle a deux grilles de controle.
Figure 22 Superposition des frequences 1, 5 et 25.
Figure 23 Fabrication de tensions déphasées.
Figure 24 Idem.
Figure 25 Fabrication des tensions décalées de 90°.
Figure 26 Déphasages correspondants.
Figure 27 Battements entre plusieurs fréquences.
Figure 28 Partie agrandie du meme dessin.
Figure 29 Pointes agrandies grace à un choix des frequences.
Figure 30 Décharge hyperbolique d'un condensateur.
Figure 31 Courbe améliorée grace a une tension auxiliaire.
Figure 32 Fabrication d'une polarisation periodique. Schema.
Figure 33 Courbe correspondante.
Figure 34 Schema donnant des tensions en forme de trapèze.
Figure 35 Indépendance de la hauteur du trapeze grace au limiteur
Figure 36 Distributeur utilisant des tensions en "rectangle".
Figure 37 Courbe de fonctionnement.
Figure 38 Rectangle positif (Stockage) et rectangle négatif,
(Vidage) obtenus par le meme bobinage.
Figure 39 Tube a anodes multiples destiné a la répartition.
Figure 40 Production de plusieurs fréquences a l'aide d'un
tube unique.
-



39

35

20

29

534

37

39

31

22

38

17

6 Mai 1953

These presentee a la Faculte des Sciences de Paris
par Monsieur Pierre TOULON
en vue d'obtenir le grade de
Docteur es-Sciences

2e These

LES TECHNIQUES DE COMMUTATION

Sous ce terme nous designons les montages qui permettent de modifier a distance les connections electriques dans un circuit sous l'action d'une tension ou d'un courant circulant dans un autre circuit.

I - COMMUTATION MECANIQUE. Depuis de nombreuses annees, le relais electromagnetique a ete utilise pour commuter a distance les circuits, et notamment pour assurer la fermeture, ou l'ouverture d'un interrupteur. Lorsque l'operation doit etre repetee periodiquement, il est classique d'utiliser un commutateur tournant, entraine par un moteur synchrone, (soit un collecteur tournant et des balais fixes, soit des balais tournants et des secteurs fixes).

Un systeme de commutation comprend essentiellement un circuit principal : (voir figure I) entree-sortie, et un circuit de controle, (figure schematiquement par une batterie E et un interrupteur I et un electro-aimant E). Il est important de noter que le courant commande a une valeur completement independante du courant de commande, et n'a generalement aucun point commun avec lui.

La vitesse de fonctionnement d'un tel systeme de commutation est tres lente (par exemple de l'ordre du 1/100 seconde pour le relais et, de l'ordre du 1/10.000 seconde pour le collecteur).

Depuis l'apparition des redresseurs statiques, et des tubes, il est devenu possible d'accroitre enormement cette vitesse : (de l'ordre de la micro-seconde) avec les anciens tubes d'abaissement de tension et les nouveaux tubes de commutation.

d'annees et l'on trouve aujourd'hui des tubes de très petites dimensions permettant de réduire les longueurs des connections qui presentent de tres faibles capacites et fournissent des courants tres importants. Aujourd'hui des commutations peuvent être effectuées en des temps environ 20 fois plus faibles qu'autrefois - dépassant largement la cadence des points d'une image de Television. En particulier, ces commutations peuvent être realisées tres commodément grace aux valves de tres faible encombrement, qui permettent de faire passer des courants relativement intenses (10 milliampères) avec de faibles chutes de tension (1 Volt seulement) et qui sont en meme temps capables de supporter des tensions inverses elevees (500 volts). Ces valves ne presentent qu'une tres faible capacite (de l'ordre de 2 micro-microfarad) et ont un courant inverse tout-à-fait negligeable, c'est a dire qu'ils constituent encore des "redresseurs" presque parfaits, meme pour frequences elevees. On trouve aussi des redresseurs "Germanium" dont la resistance est de quelques dixiemes d'ohms seulement, qui laissent passer des courants de pointe de plusieurs ampères, (des courants permanents de l'ordre du dixieme d'ampere), supportant des tensions inverses dépassant 200 volts, et n'ont qu'une tres faible capacite interne. On trouve enfin des tubes laissant passer des courants plaque de plusieurs centaines de milliampères en pointe, et pres de 100 milliampères en regime permanent, qui ont des pentes tres elevees, et des capacites grille extraordinairement faibles, n'atteignant pas 1 micro-microfarad. Les constantes de temps des circuits, qui auraient été tout-à-fait prohibitives il y a quelques années, sont devenus faciles.

II - COMMUTATION AU MOYEN DE REDRESSEUR (ou de valves)

Le plus simple des moyens de commutation ou d'aiguillage est la valve (ou le redresseur qui est equivalent) associe à un generateur de signaux rectangulaires qui lui fournit une polarisation variable au cours du temps.

Une valve possede la remarquable propriété de devenir pratiquement un isolant parfait quand son anode est negative par rapport a sa cathode et d'être au contraire un bon conducteur quand son anode est positive par rapport a sa cathode.

La figure 2 represente le schema de commutation le plus simple. Le circuit d'entrée est relie au circuit de sortie a travers une valve, et on dispose sur l'autre conducteur (entre les points A et B) un generateur capable de donner alternativement soit une tension continue elevee, (par exemple une centaine de volts et superieure à la valeur maximum de la modulation "Video"), soit une tension nulle. Dans le cadre rectangulaire on a represente un moyen simple et primitif pour obtenir entre A et B soit une tension de 100 volts, soit une tension nulle. Ce procede consiste à utiliser une batterie 5, une resistance 6, et un interrupteur 7. Quand

l'interrupteur 7 est fermé, la tension entre A et B est égale à la batterie 5. Quand l'interrupteur 7 est ouvert, la résistance 6 amène B au même potentiel que A.

En ouvrant puis en fermant successivement l'interrupteur, on engendre un signal rectangulaire ayant une amplitude constante qui constitue le "Signal de commutation". Ce signal a pour effet de faire passer la valve de la position "Isolant" à la position "Conducteur".

Si nous considérons sur la figure 3 le signal Video en fonction du temps, nous constatons que la tension d'entrée apparaît presqu'intégralement à la sortie, quand la valve est conductrice, c'est à dire quand le signal de commutation existe, mais qu'il n'est pas transmis dans l'autre cas.

III - LE REDRESSEUR UTILISE COMME "LIMITEUR".

Un redresseur associé à une résistance, et relié à une batterie possède la remarquable propriété de constituer un "limiteur". Notamment si une impulsion est lancée dans un circuit, on parvient à fixer très exactement son amplitude grâce à un montage très simple représenté sur la figure 4.

Sur cette figure, on a indiqué un moyen pour fabriquer une impulsion. Il comprend : une batterie II, une grande résistance I2 rechargeant progressivement un condensateur I0, et un interrupteur I3 permettant de créer l'impulsion, en produisant une brusque variation de flux dans le noyau d'un transformateur I4. L'impulsion au secondaire de ce transformateur, revêt en fonction du temps, la forme de la courbe (figure 5). Sa forme et son amplitude sont assez mal définies.

Mais si l'on introduit une résistance I5, un redresseur limiteur I6, une batterie fixant l'amplitude du signal désiré I7, (et un autre redresseur disposé en sens inverse, interdisant toute inversion de tension I8), on obtient entre les points E et F, un beau signal rectangulaire ayant une amplitude très bien définie comme le représente la partie hachurée de la figure 5. Un tel signal convient admirablement pour assurer la commutation décrite sur la figure 2.

IV - SIGNAUX PERIODIQUES DE COMMUTATION.

Presque toujours les commutations que l'on se propose de réaliser présentent un caractère périodique et leur cadence est extrêmement rapide. Le moyen théorique décrit sur la figure 4 pour engendrer le signal (condensateur I0, interrupteur I3 ne convient pas) et l'on fera appel, par exemple, à un oscillateur comme le représente la figure 6. Cet oscillateur pouvant fonctionner à des fréquences très élevées, répètera le signal rectangulaire avec une précision d'amplitude, et une détermination

dans le temps qu'aucun commutateur mécanique n'aurait jamais permis d'atteindre. Sur cette figure, on a montré un procédé classique pour entretenir des oscillations I9 - 20, au moyen d'un tube 2I, dont la plaque reçoit une alimentation en courant continu, a travers la bobine de choc 22, et qui est couplée au circuit oscillant par le condensateur 23. La cathode est reliée à une prise sur la self 20 à travers un système d'auto-polarisation (condensateur en parallèle avec une résistance). La formation du signal rectangulaire est obtenue, comme précédemment au moyen des redresseurs I6', I7', I8 et de la batterie I7'. Le montage diffère un peu de celui de la figure 6 par la présence de la batterie additionnelle 26 qui permet de choisir la durée du signal, ainsi qu'on le comprend aisément en regardant la courbe de la figure 7. Suivant la hauteur B à laquelle on coupe la sinusoïde on obtient un signal plus ou moins long.

V - AIGUILLAGE TYPIQUE (a trois voies) .

Au lieu d'une commutation simple, on peut se proposer d'effectuer un aiguillage d'un canal unique entre plusieurs canaux, par exemple entre 3 canaux indépendants, en utilisant le montage décrit sur la figure 8. Pour cela, on fabrique une distribution triphasée, qui permet de constituer des signaux rectangulaires égaux les uns par rapport aux autres et chaque signal commande la commutation sur le canal désiré, au moment désiré.

Sur cette figure 8, nous retrouvons un circuit oscillant I9' 20' dans lequel sont entretenues des oscillations à l'aide de la triode 2I', connectée encore comme précédemment (22', 23', 24'). Mais ici le milieu de la bobine 20' est relié au sol, et nous fabriquons la distribution triphasée par le montage classique. La résistance 28, en série avec le condensateur 27, permet d'obtenir une "avance de phase" (phase 3) par rapport au circuit oscillant I9 - 20; et la résistance 30, en série avec la self 29 permet d'obtenir un "retard de phase" (phase 2) par rapport au circuit oscillant I9 - 20.

Enfin la tension prise entre le milieu N de la bobine 20' et son extrémité inférieure est en opposition de phase (phase I)

A l'aide de 3 circuits indépendants (comprenant comme précédemment des résistances I5, des redresseurs-limiteurs I6 et des redresseurs empêchant l'immersion de la tension), nous créons des signaux rectangulaires d'amplitude exactement connue qui vont nous servir à effectuer l'aiguillage.

Considérons (figure 3) le courant d'une caméra électronique et supposons que ce courant ait des valeurs successives déterminées A*B-C-D (nous expliquerons par la suite ce courant ou certains montages permettent de passer de tension continuellement variable à cette tension variant "par palier").

Supposons que nous voulions aiguiller le premier signal a dans la voie 1, le deuxième signal b dans la voie 2, le 3e signal dans la voie 3, le 4e à nouveau dans la voie 1, le 5e à nouveau dans la voie 2, etc. Nous alimentons en parallèle, avec le courant de la camera autant de circuits d'aiguillage que nous désirons et chacun comprend essentiellement un redresseur.

Le système d'aiguillage 2I comprend en outre un dispositif qui permet de rendre ce redresseur soit "isolant", soit conducteur a un moment donné. Ce résultat est obtenu par le signal électrique rectangulaire 3 (voir figure 7).

Il est important de noter que le générateur de signaux rectangulaires ignore l'amplitude du signal Video au moment où il opere. Ce signal passe à travers le redresseur, mais le signal d'aiguillage rectangulaire opere en "tout ou rien".

L'époque de la fermeture et l'époque de l'ouverture sont seules en cause.

Le signal, (par exemple le point A instantané correspondant à une valve et decoupe dans le canal Video) peut servir de préférence à charger le condensateur 7. La tension se prolonge bien après que le signal rectangulaire ait été envoyé.

Ce que nous venons de faire pour une voie peut se répéter pour les autres voies.

En disposant un troisième système analogué, nous obtenons dans le condensateur 7" un troisième signal C, et ainsi de suite.

VI - ISOLEMENT DES CIRCUITS.

Quand on est parvenu à constituer un signal dans un circuit, il arrive fréquemment que l'on ait à l'utiliser dans un autre circuit qui ait besoin d'être isolé par rapport au premier. Un procédé très général pour obtenir ce résultat consiste à passer par l'intermédiaire de haute fréquence, à travers un transformateur. On effectue donc une "modulation" et une "démodulation" successivement. Le plus simple des "modulateurs" est encore le redresseur. La figure 10 représente la forme de signaux réalisés et la figure 11 les circuits que l'on peut utiliser; supposons que nous disposions d'un générateur de signaux rectangulaires 33 relié au sol, et que nous nous proposons d'utiliser ce signal dans une autre partie du montage 34, dont la tension soit de plusieurs centaines de volts, et d'ailleurs variable avec le temps.

Nous utilisons un oscillateur 37 qui fournit une amplitude exactement définie : un moyen simple consiste à se servir pour cela d'un redresseur polarisé qui sert de limiteur. La tension alternative disponible à la sortie S reste donc cons-

tante. Nous installons, en série une batterie 35, un redresseur 36 qui sert de "modulateur", et le primaire du transformateur 38. Le secondaire (de préférence accordé par un petit condensateur, si la fréquence "porteuse" est très élevée) est relié à un redresseur 39. La tension redressée dans la résistance 41 est régulée par un condensateur 40. L'isolement entre primaire et secondaire du transformateur 38 doit être soigné, et surtout sa capacité doit être très réduite. Depuis une vingtaine d'années, j'ai construit des transformateurs dont le circuit magnétique a une forme triangulaire (voir figure 13'). Le primaire est bobiné au contact de ce circuit magnétique, mais le secondaire, en forme de tore, présente une très faible capacité (inférieure au micro-microfarad), par rapport au primaire. Lorsque les capacités parasites sont gênantes, on parvient presque toujours à les compenser. Au lieu d'utiliser un seul redresseur, on peut utiliser des montages symétriques, on peut amplifier les signaux reçus si leur niveau est trop faible, on peut utiliser des fréquences porteuses extrêmement élevées, permettant de réduire l'encombrement des transformateurs à des valeurs minuscules (par exemple 5 mm sur 5 mm de cote). La description de tous ces artifices, bien connue des techniciens de la Haute-fréquence, nous entraînerait trop loin, disons seulement qu'avec la variété actuelle des tubes (il en existe plusieurs milliers, plusieurs centaines ayant des caractéristiques différentes) et avec les "Transitors" qui ont fait récemment leur apparition, de très nombreux montages peuvent être employés.

L'usage d'une onde porteuse est encore nécessaire lorsque l'on veut effectuer des enregistrements magnétiques.

L'isolement entre les circuits est aussi souvent requis quand on veut introduire quelque part une polarisation. Dans ce cas, le secteur à 50 période/seconde peut être utilisé pour alimenter le primaire du transformateur; le secondaire bien isolé du primaire et présentant une très faible capacité alimente un "Pont" de redresseurs. Sur la seconde diagonale est placé un petit condensateur électrolytique shunté par une résistance. Si la tension continue a besoin d'être régulée, on adjoint un tube régulateur à "Neon". Si la puissance requise est grande, on utilise un tube monte en cathodyne, et la grille reçoit la tension régulée provenant de la lampe au néon.

VII - CAPTURE DE LA VALEUR INSTANTANÉE D'UNE TENSION

VARIABLE AU COURS DU TEMPS : "PINCÉ ÉLECTRIQUE".

Les "PINCÉS" d'une image de télévision n'existent pas en réalité, puisque le courant provenant d'une caméra électronique varie continuellement au cours du temps, et cette compression est purement conventionnelle. On ne peut parler de valeurs fixes déterminées que si l'on coupe par des ordonnées verticales équidistantes la courbe continue qui représente le courant photo-électrique amplifié en fonction du temps (figure 15).

Toutefois cette courbe ne peut pas avoir une pente dépassant une certaine valeur (figure I6), qui est fonction de la bande passante limitée (4,5 ou I4,5 Megacycles) et le passage d'un niveau à un autre n'est jamais instantané. Cependant on ne commet pas une erreur appreciable dans la reproduction de l'image si on la constitue au moyen de "Points" ayant la même valeur sur toute leur étendue, ou en raccordant entre elles différentes ordonnées équidistantes (figure 3).

Pratiquement la tension "Video" qui correspond à la transparence des différents points balayés sur une ligne horizontale, constitue une série de valeurs différentes qui s'échelonnent sur une dizaine de volts, par exemple, a la sortie de l'amplificateur. Ce sont ces différentes valeurs individuelles isolées (Valeurs "DISCRETES" diraient les mathématiciens) que nous nous proposons d'isoler, de permuter, d'enregistrer, de reproduire, de combiner, pour finalement constituer artificiellement un signal "Video" de haute qualité.

Nous nous proposons d'expliquer comment on parvient à relever périodiquement les valeurs instantanées d'une courbe variable au cours du temps (Voir figure I2). La figure I4 montre un circuit qui peut être utilisé dans ce but. Dans un condensateur bien isolé 50, une tension appliquée à un instant donné peut se maintenir un temps assez long, et il est possible, à l'aide de redresseurs 51 et 52 que l'on rend à volonté "Conducteurs" ou "Isolants", de connecter, à des intervalles de temps exactement connus, le condensateur à une tension 55 variable variable au cours du temps.

Sur la figure I4, la tension "Video" est supposée arriver par la ligne 53; on commence par amplifier le courant disponible, au moyen d'un tube 54 monté en "Cathodyne", c'est à dire comportant une résistance 55 en série avec la cathode. On réalise une distribution de courant continu complètement isolée, à l'aide d'un transformateur 56 alimenté par le secteur 57, et d'un "Pont" de redresseur 58. La tension continue apparaît aux bornes des résistances 60 et 60' disposées en série. Ces résistances sont shuntées par des condensateurs (59 et 59'). Les tensions continues ainsi obtenues ont pour effet de rendre "Isolants" les redresseurs 52 et 53, en leur appliquant une forte polarisation.

Pour rendre ces 2 redresseurs conducteurs, il suffit d'annuler temporairement la polarisation. Ce résultat est obtenu grâce à des tensions induites dans les secondaires 62 et 65. L'amplitude de ces tensions induites est exactement limitée à la valeur de la distribution continue, grâce aux résistances 63 et 63', et aux redresseurs 61 et 61' (qui astreignent l'extrémité de chaque résistance à prendre le même potentiel que le point de jonction des 2 résistances 59 et 59', c'est à dire celui de la cathode du tube 54). Le condensateur 50 est donc apparemment "connecté" à la cathode 54 pendant le très court

intervalle ou passe l'impulsion dans le noyau du transformateur 62-65. Sur la figure I6 on a représenté un moyen théorique pour l'obtenir : une batterie 67 recharge lentement un condensateur 68 à l'aide d'une grande résistance 68. En fermant l'interrupteur 65 on décharge ce condensateur 68 dans le primaire 64 du transformateur, ce qui produit l'impulsion.

Ce montage, qu'il laisse la cathode du tube 54 varier au cours du temps, par rapport au condensateur 50, mais les connecte brusquement pendant un très court intervalle de temps, a été désigné sous le nom de "Montage à pince" parce que l'on peut donner une analogie mécanique, que l'on a représentée sur la figure I5. Supposons qu'une pièce mobile H puisse monter ou descendre le long d'une glissière verticale, en suivant n'importe quelle loi de variation, sans toutefois dépasser les positions extrêmes M_1 et M_2 . Proposons nous de marquer sur une autre échelle verticale située en regard la valeur H de la pièce H à un instant donné. Nous relierons la glissière H à une pince P. Lorsque la pince est "Couverte" le point M peut se déplacer sans entraîner la pièce H. Mais si nous venons brusquement à fermer la pince P, la glissière H repère la valeur instantanée de M. Si la pince est actionnée d'une façon périodique, la trajectoire de H décrira, au cours du temps, une courbe en escalier (figure 30) remplaçant la courbe continue de M (figure I5).

VIII - LES TUBES UTILISES COMME MOYEN DE COMMUTATION.

Si le Redresseur polarisé constitue le moyen le plus simple de commutation, la "Triode" peut aussi être utilisée dans ce but. On sait que le courant "Plaque" d'une triode reste à peu près nul tant que la grille est fortement négative par rapport à la cathode. Dans un petit intervalle, qui s'échelonne entre 0 volt et "Moins quelques volts" ce courant est à peu près proportionnel à la tension grille. En plaçant, en série sur la grille, une forte polarisation, et un générateur de signaux annulant momentanément cette polarisation, on réalise encore un commutateur.

La figure I8 représente un schéma simple qui permet, en fonction des signaux rectangulaires de commutation fournis par l'organe 73, de transmettre le courant "Video" arrivant par l'entrée 70 vers la sortie 71, après l'avoir amplifié, ou au contraire de ne pas le transmettre.

Le circuit comprend en série le circuit d'entrée 70, une batterie de polarisation élevée 72 et le générateur de signaux de commutation 73; l'ensemble est relié entre grille et cathode du tube et la résistance plaque, de préférence shuntée par un petit condensateur pour prolonger l'effet du signal, est reliée au circuit de sortie. Tant que la grille du tube est fortement polarisée aucun signal "Video" ne passe. Par contre, quand le circuit de commande envoie son impulsion rectangulaire, l'ampli-

fication s'effectue normalement.

Le tube a deux grilles de controle (généralement désigné sous le nom d'héptode), permet encore mieux de parvenir au résultat en séparant les fonctions. Comme le représente la figure 19, le signal "Video" a amplifier est appliqué en 76, sur la seconde grille du tube 78, tandis que la première grille, normalement fortement polarisée négativement par la batterie 79 reçoit le signal de commutation. L'intérêt du tube a deux grilles est que l'amplitude du signal de commutation ne réagit que sur le signal "Video". Dès que la grille intérieure a une tension suffisante, tout le courant de la cathode est utilisable, et la seconde grille opère comme une triode. Si la grille intérieure est polarisée négativement, le flux d'électrons est coupé complètement. La grille intérieure opère donc en "Tout ou rien".

IX - AIGUILLAGE SUCCESSIF ENTRE PLUSIEURS VOIES.

Le plus souvent, on désire aiguiller à tour de rôle un circuit commun à tour de rôle entre plusieurs voies indépendantes, c'est à dire que l'on cherche à résoudre statiquement, et au moyen de dispositifs de commutation électroniques l'équivalent d'un distributeur tournant mécanique.

Une caractéristique essentielle de ce genre d'aiguillage est qu'il est périodique, et la fréquence F à laquelle l'aiguillage est réalisé vers l'un quelconque des circuits correspondant à la vitesse de rotation du balais. La figure 20 représente le schéma de principe d'un combinateur-distributeur à 6 voies proposé jadis par "DAUDOT". Avec les commutateurs mécaniques, la vitesse de rotation est limitée à des valeurs très faibles, (par exemple 25 ou 50 par seconde) et le nombre des secteurs disponibles est également très restreint (généralement 6 ou quelques dizaines au plus).

Avec l'apparition des tubes, on a cherché à résoudre le problème, et l'une des plus anciennes solutions est celle de la ligne à retard. L'usage des tubes à 2 grilles est particulièrement recommandable, et déjà en 1937 (voir figure 2) j'ai utilisé des montages de ce genre, qui donnaient satisfaction (Voir figure 21).

Un relaxateur, par exemple un relaxateur à thyatron, de préférence synchronisé par un circuit extérieur S fournit périodiquement des "Points de tension" qui se propagent dans la ligne à retard, constituée de self, disposées en série, et de capacités reliées au sol, au point de jonction de chaque self. Toutes les lignes indépendantes sont normalement bloquées, parce que leur seconde grille est fortement polarisée négativement. Mais au moment où passe l'impulsion, chacune des voies se trouve débloquée car sa grille devient positive ou nulle, et chacun des tubes est opéré à tour de rôle.

De tels montages conviennent bien tant que le nombre des voies indépendantes est faible, par exemple une dizaine. Mais la forme de l'impulsion s'altère rapidement le long de la ligne à retard, et son amplitude décroît rapidement, et s'il s'agit d'une division entre 50 voies, le système n'est pas pratique, et manque de précision, de plus la ligne à retard est coûteuse.

X - PRODUCTION DE TENSION EN FORME DE "POINTES" A L'

AIDE DE TENSIONS SINUSOIDALES HARMONIQUES LES UNES DES AUTRES.
Pour engendrer les signaux de commutation successifs nécessaires à l'aiguillage, une méthode bien meilleure consiste à superposer plusieurs tensions sinusoidales harmoniques les unes des autres, en choisissant les phases de chacune de ces tensions, pour que les maxima coïncident.

La figure 22, qui représente la superposition de 3 fréquences F, 5F, 25F permet de bien comprendre le principe de cette méthode. Pour que les maxima coïncident, il est nécessaire que la "Phase" de la tension utilisée à chaque fréquence soit convenablement choisie. Sur la figure 22 on a supposé que la repartition devait être effectuée entre 50 canaux indépendants.

A la fréquence F les sinusoides utilisées doivent donc être déphasées entre elles de $360/50 = 7,2\%$ degrés.

A la fréquence 25 F le déphasage doit être encore 5 fois plus grand, c'est à dire de 180 degrés.

Il apparait au premier abord que la production de toutes ces tensions "décalées" les unes par rapport aux autres doivent être très laborieuse à obtenir, mais heureusement ce n'est pas le cas, car il suffit de disposer de 2 tensions déphasées de 90 degrés pour obtenir très facilement n'importe quelle phase.

La figure 23 explique comment l'addition de 2 tensions d'amplitude convenablement choisie, respectivement en phase et en quadrature, permet d'obtenir la phase désirée.

Si l'on désire des déphasages successifs 0 degrés, A degrés, 2A degrés, 3A degrés, 4A degrés etc, on obtient ces tensions déphasées en ajoutant des valeurs d'amplitude, respectivement "En phase" et "En quadrature" proportionnelles au sinus et au cosinus de 0 degrés, A degrés, 2A degrés, 3A degrés, 4A degrés,

La figure 24 explique cette synthèse.

Pratiquement cette addition de tensions est obtenue en disposant en série des enroulements secondaires de transformateurs, ayant des nombres de spires convenablement choisis. La figure 25 représente un schéma de montage utilisable.

XI - FABRICATION DE TENSIONS "EN PHASE" ET EN "QUADRATURE"

SYNCHRONISEES.

Généralement la fréquence F qui correspond à la cadence des signaux recus dans chacune des voies est connue. Par exemple s'il s'agit d'une transmission de télévision, on dispose des impulsions de "fin de ligne" pour assurer la synchronisation.

Sur la figure 25 on a représenté en 7 le récepteur de télévision qui comporte un collecteur d'ondes radio E , suivi d'un amplificateur, d'un détecteur, et d'un séparateur de signaux "Video" (Dans le canal I) des signaux de "fin de ligne" (Dans le canal 8).

L'impulsion de fin de ligne, qui est extrêmement brève et possède la fréquence F , mais aussi des oscillateurs à des fréquences harmoniques, telles que K_1F , K_2F etc. Pour obtenir ce résultat, il est commode de faire usage de tubes à 2 grilles de contrôle; par exemple on dispose en série sur la plaque le circuit oscillant à la fréquence désirée, et l'on entretient les oscillations à l'aide d'une petite bobine, couplée au circuit oscillant, et contrôlant la seconde grille. La grille interne qui reçoit l'impulsion de synchronisation, suffit à assurer le synchronisme, en faisant périodiquement varier le flux d'électrons émis par la cathode. Ce montage présente l'avantage d'être simple; nous verrons par la suite qu'on peut en réaliser d'autres encore plus précis.

Sur la figure 25, on a représenté en II le circuit oscillant synchronisé à la fréquence K_1F et en I2 le circuit oscillant synchronisé à la fréquence K_2F .

Il est possible de réaliser facilement, à partir de ces circuits oscillants, des tensions respectivement en quadrature; par exemple en couplant un circuit oscillant II' accorde au-dessus de la résonance, on peut réaliser une "Avance de phase" de 45 degrés et en couplant un autre circuit oscillant II'' accorde au-dessous de la résonance, on obtient un retard de phase de 45 degrés à la fréquence K_1F . Un montage analogue comprenant les circuits oscillants I28 et I2' couplés au circuit oscillant I2 permet d'obtenir des tensions "en phase" et "en quadrature" à la fréquence K_2F .

Lorsque l'on est parvenu à constituer ces tensions, il est nécessaire de les amplifier, et une bonne méthode consiste à utiliser un montage "Cathodine". On trouve actuellement dans le commerce des triodes doubles, qui sont capables de débiter des courants importants, et conviennent très bien pour cet usage.

Sur la figure 25 ces tubes sont représentés en I3 et I3' pour la fréquence K_1F et en I6 et I6' pour la fréquence K_2F . Chacune des cathodes est reliée au primaire d'un transformateur (I4, I5,

I7, I8). Les nombres de spires des bobinages secondaires I9, 20 21, 22 etc. sont choisis pour donner le décalage désiré à chaque fréquence. Sur la figure 26 on a représenté un schéma simplifié dans lequel on a représenté le diagramme vectoriel des tensions obtenues, et on a représenté verticalement les bobinages "En phase" et horizontalement les bobinages "En quadrature".

XII - CHOIX DES HARMONIQUES UTILISEES.

L'emploi de fréquences sous-multiples les unes des autres telles que 5, 25 etc. est peu recommandé, parce que la self induction et la capacité répartie des bobinages aux fréquences les plus basses empêche les tensions à fréquence élevée d'apparaître. On obtient de meilleurs résultats en utilisant des fréquences qui présentent entre elles des battements.

La figure 27 représente la superposition de 3 fréquences présentant entre elles $1/5$ et $1/25$ F; par exemple $F_2 - 4/5$ F et $F_3 - 24/25$ F. La "Pointe" de tension est très fine et admirablement déterminée dans le temps. La figure 28 représente à une échelle élargie, la partie centrale de la courbe de la figure 27. Cette figure permet de comprendre comment ces "Pointes" de tension sont décalées les unes par rapport aux autres.

Si l'on se rapporte à nouveau à la figure 25, ces différentes tensions, destinées à l'aiguillage, apparaissent sur les bornes successives 23, 23', 23" etc. En série sur chacune d'elles nous retrouvons, comme sur la figure 4, ou la figure II, une valve 3, 3', 3" etc. et le circuit d'utilisation correspondant à la voie indépendante désirée (figurée ici par le condensateur 2A et la résistance 2B).

Au lieu des harmoniques $4/5$ F et $24/25$ F qui présentent l'inconvénient que la "Pointe de tension" a une amplitude relativement faible, d'autres fréquences peuvent être utilisées avec avantage par exemple les harmoniques 7 et 9, ou encore 2 et 3 comme le représente la figure 29.

XIII - STOCKAGE ET VIDAGE .

Dans chacune des voies indépendantes, nous avons expliqué que le signal "Video" qui avait été "Isolé" grâce à la valve, pouvait être utilisé non seulement au moment de son passage dans la résistance, mais encore un certain temps après, si l'on prenait soin d'ajouter, en parallèle sur chaque voie indépendante, un petit condensateur. Il y a souvent un grand intérêt à prolonger autant qu'on le peut la durée de ce signal, si possible presque jusqu'à l'arrivée du signal suivant, c'est à dire pendant le temps $1/F$. La décroissance asymptotique obtenue par la résistance disposée aux bornes du condensateur résoud mal le problème. La figure 30 montre ce qui arrive si l'on choisit une résistance de décharge très faible (courbe 28 hachures) ou très

grande (courbe 29). Avec une résistance grande 29, si un signal de grande amplitude 29' est suivi par un signal très faible 29", celui-ci ne parvient plus à contrôler la tension dans la ligne indépendante. Si par contre la résistance est très faible, l'efficacité du signal isolé est très réduite.

On améliore considérablement le résultat en disposant la résistance de décharge, non plus directement aux bornes du condensateur, mais en adjoignant un générateur en série, donnant une tension telle que 30, figure 31, qui présente pendant toute la période une valeur 30' égale à la moitié de l'amplitude maximum de l'impulsion, mais fournisse une tension négative très élevée à la fin de la période. La courbe 32, 32', 32", 32''' ainsi obtenue est beaucoup plus satisfaisante. On trouvera dans le brevet la description détaillée de ce système. La figure 32 représente la disposition générale d'un cablage qu'on peut utiliser dans ce but. Au lieu d'utiliser la tension en forme de rectangle 30, 30', 30", on obtient, par synthèse de "Fourrier" à partir de ces harmoniques une courbe 16' qui est suffisante pour les besoins de la pratique (figure 33).

XIV - FABRICATION DE TENSIONS DE STOCKAGE ET DE VIDAGE

RECTANGULAIRES.

Nous avons expliqué sur la figure 7 comment le redresseur permettait de transformer une tension "En pointe" en une tension rectangulaire, ayant une amplitude exactement limitée.

Le même principe a été appliqué sur la figure 34. On a représenté entre M et les bornes successives I2, I2' etc. le générateur de tension complexe, en forme de pointe, déjà décrit sur les figures précédentes (voir notamment la figure 30); en adjoignant une batterie de polarisation I6 et une valve I6, et une résistance I2 on transforme la tension "En pointe" (voir figure 36) par une tension en forme de trapèze M U V N, très voisine du rectangle cherché. Le grand avantage de ce perfectionnement apparaît clairement si on se reporte à la figure 35. Même si l'amplitude du générateur qui fournit les tensions de commutation vient à varier, (courbes 1, 2, 3) figure 36 - l'amplitude du trapèze reste constante (amplitude 4) et l'époque du départ et de la fin du signal varie relativement peu.

Au lieu d'utiliser une résistance pour décharger le condensateur correspondant à chaque ligne indépendante, on peut aussi opérer la décharge à l'aide d'un redresseur, normalement polarisé de façon à être isolant, et qui devient conducteur, à la fin de chaque cycle, pendant un court intervalle de temps, au moyen d'un signal auxiliaire de commutation. La figure 36 représente le principe d'un tel montage : les signaux de commutation nécessaires au "Stockage" et au "Vidage" de la charge dans le condensateur ont une amplitude exactement définie.

La figure 37 montre comment on parvient à engendrer au cours du temps (par exemple au moyen des harmoniques IIF, I5F, I7F) des signaux en forme de trapéze ayant une amplitude exactement déterminée. La "Pointe" de tension positive peut être utilisée pour assurer le "Stockage" dans une des lignes indépendantes, et la pointe négative fournie par les mêmes enroulements peut être utilisée en même temps pour assurer le "Vidage" du condensateur correspondant à une autre ligne. La figure 38 montre le schéma du montage utilisable dans ce cas.

XV - TUBES REDRESSEURS A ANODES MULTIPLES.

Comme on a pu le voir par les précédents schémas, le nombre des redresseurs que l'on est conduit à utiliser dans les montages est assez grand, d'autre part, si l'on veut réaliser une division entre grand nombre de voies (mettons 100) et si l'on veut pouvoir disposer dans chaque voie d'un courant notable (mettons 20 milliamp.) on est conduit à utiliser des redresseurs qui laissent passer un courant instantané très important : plusieurs ampères.

Les tubes à "video" conviennent mal dans ce cas à cause de la charge spatiale des électrons, et l'on obtient de bien meilleurs résultats si toutefois les fréquences désirées ne sont pas trop élevées, avec des tubes remplis de gaz. Il est facile de réaliser des cathodes capables de débiter une dizaine d'ampères (cathodes de thyatron). Dans une enceinte remplie de gaz ionisable, par exemple de la vapeur de mercure, de l'hélium, du xenon, et de l'hydrogène, on parvient à faire passer presque tout le courant de la cathode dans toute anode, même de petite dimension, plongeant dans le "Plasma" ionisé. J'ai donc été conduit à réaliser des tubes dans lesquels on étend artificiellement le plasma ionisé au moyen d'une anode débitant un faible courant, en permanence et situé à la partie supérieure du tube. Comme le montre la figure 39, les anodes sont disposées radialement, en couches successives, et il est facile, dans un tube de petite dimension, de placer 50 ou 100 anodes. Sur la figure on aperçoit les circuits de principe des 6 transformateurs qui servent à les alimenter. Ils sont constitués par de la poudre de ferrite agglomérée (par exemple Ferroxcuba) et étant donné que la fréquence est très élevée, chaque bobinage fournit plusieurs volts par spire, le nombre des spires est très restreint, le poids et l'encombrement de ces transformateurs sont très restreints et cependant chaque fil est capable de débiter un courant de pointe très important, de plusieurs ampères.

XVI - USAGE DU MEME "GENERATEUR DE POINTES" POUR RETABLIR

LE STOCKAGE ET LE VIDAGE.

Il est désirable de prolonger le signal dans chaque voie indépendante aussi longtemps qu'on le peut et de ne vider qu'immédiatement.

tement avant l'arrivée d'un nouveau signal.

Si l'on réalise des courbes "en pointes" symétriques, on peut utiliser la pointe positive pour effectuer le stockage du signal "2Video" sur une des voies et la pointe négative sur une autre voie, décalé de un peu moins de 180° électriques. La figure 38 montre le schéma du principe d'un tel montage, il permet de réduire de moitié le nombre des bobinages utilisés.

XVII - USAGE D'UN TUBE UNIQUE POUR REALISER A LA FOIS

TOUTES LES FREQUENCES DONT ON PEUT AVOIR BESOIN.

Il est bien connu qu'on peut entretenir des oscillations sur un tube en disposant en série sur le fil de grille en circuit oscillant, et en faisant passer le courant plaque dans une bobine (de réaction) couplée en circuit oscillant.

Si l'on cherche à faire passer plusieurs circuits oscillants à la fois en série sur le fil de grille, on ne parvient pas à obtenir un régime d'oscillation stable sur plusieurs fréquences à la fois car la totalité de la puissance du tube est absorbée en général, l'une des fréquences et les autres fréquences disparaissent.

La figure 40 donne un schéma de montage qui permet de limiter l'amplitude des oscillations à chaque fréquence et d'obtenir par un tube unique toutes les fréquences nécessaires pour engendrer les signaux d'aiguillage.

XVIII - FONCTIONNEMENT EN SENS INVERSE "COMBINA TEUR"

Dans les montages précédemment décrits, on se proposait de répartir entre plusieurs canaux indépendants les signaux qui arrivent successivement à une cadence régulière par un canal unique (canal "2Video").

L'opération inverse peut être réalisée par un montage analyse, c'est à dire que si des signaux arrivent simultanément par un certain nombre de canaux indépendants, on peut utiliser à tour de rôle chaque canal indépendant pour réaliser une impulsion qui est envoyée dans le canal commun.

XIX - REPARTITION EN "CASCADE".

Lorsque le nombre des voies entre lesquelles s'effectue la répartition des signaux est très important (par exemple 1000) il est avantageux d'opérer la division en deux opérations successives. Par exemple les signaux Video sont répartis entre 10 canaux intermédiaires indépendants, les signaux qui sont répartis dans chaque canal intermédiaire sont utilisés dans un second répartiteur à 100 voies.

Cette disposition présente l'avantage de réduire l'influence des capacités parasites; en outre après la première répartition, on peut amplifier les signaux sur chacune des voies intermédiaires. Le même système générateur de signaux d'aiguillage peut servir à la fois dans toutes les répartitions secondaires qui travaillent en parallèle.

XX - APPLICATION DES SYSTEMES "REPARTITEUR ET COMBINAITEUR".

Le système d'aiguillage et de répartition dont nous avons parlé a de très nombreuses applications en télé mécanique, téléphonie et télégraphie multiplex, et pour les écrans de télévision multiélémentaires. Nous parlerons ici spécialement de l'application à l'objet de notre thèse principale: La fabrication pour problème d'une image utilisant des "points" projetés sur plusieurs champs d'image successivement balayés.

La cadence extrêmement élevée des signaux Video (4,5 à 14,5 mégacycles) ne permet pas d'utiliser directement des dispositifs d'enregistrements magnétiques ou électrostatiques qui permettent difficilement de dépasser des cadences de 100.000 par seconde. On résout le problème en répartissant les signaux de vision en autant de voies indépendantes qu'il y a de "points" sur une ligne horizontale de l'image télévisée. Dans chaque conducteur "Vertical de l'écran", la cadence dépasse par 15.000 ou 20.000 et les vitesses des tambours que l'on peut réaliser mécaniquement sont très bien constituées.

XXI - GENERALISATION ET CONCLUSION.

Les techniques d'aiguillage de répartition et de combinaison de signaux ont fait d'importants progrès depuis une dizaine d'années. Il ne nous a été possible de donner ici au lecteur qu'un très rapide aperçu des innombrables variantes de schémas et d'applications.

Cet exposé permettra cependant nous l'espérons, de prouver que presque tous les problèmes de commutation et d'aiguillage et spécialement ce qui se répète à une cadence périodique, peuvent être résolus par des méthodes entièrement statiques, et grâce à l'électronique a des cadences qui avaient paru fabuleux et inouï aux générations qui nous ont précédé.

Si l'on tient compte que le nombre des tubes requis est très restreint, que les montages sont compacts, très stables et continuellement en série, l'apparente complication des schémas (qui inquiète l'ingénieur pénétrant pour la première fois dans cette nouvelle technique) disparaîtra bien vite et l'utilisateur considérera ces "Répartiteurs ou combineurs statiques" comme des éléments complets, qu'on introduit dans tel ou tel montage, et permettent de résoudre facilement de nombreux problèmes.

TABLE DES MATIERES.

Résumé des deux thèses présentées

Pages I à IV

1^{re} Thèse:

COMPRESSEION DE LA BANDE PASSANTE EN TELEVISION.

Préambule

Page IV

Liste des figures de la première thèse

Pages V et VI.

Planche de figure et photographie

Pages VII et VIII

1^{er} Chapitre: EXPOSE DES TECHNIQUES DE BALAYAGE.

I Scintillement et télévision

Pages 1 et 2.

II et III Balayage par points séparés

Pages 3 à 5.

IV et V Balayage à combinaisons

Page 6

VII Balayage en creneaux

Page 7.

2^e Chapitre: CRITIQUE DE L'ART ANTÉRIEUR.

1 Répartition de l'éclairement des points Page 8

2 Transmission de la dérivée. Page 9

3 Transmissions codées Page 9

4 Etudes statistiques Page 10

3^e Chapitre: Commutation et SIGNAUX DEVIATEURS DU FAISCEAU CATHODIQUE.

Page 11

4^e Chapitre: ENREGISTREMENT ET REPRODUCTION DES SIGNAUX.

1 Enregistreurs magnétiques Page 12 et 13

2 Enregistreurs électrostatiques Page 14

3 Enregistreurs phosphorescents Page 15

4 Tubes à mémoire spéciaux Page 15.

5^e Chapitre: Utilisation des redondances DANS LE TEMPS .

I Points de dimension variable Page 16 et 17.

II à IV Balayage en damier à entrelacement des lignes Pages 18 à 22.

V à VII Liaison entre stations d'émission Page 22.

VIII Montage simplifié utilisant un film phosphorescent Page 24.

IX Tube à faisceau cathodique à mémoire Page 25.

6^e Chapitre: Utilisation des REDONDANCES LE LONG DE LA SURFACE.

I et II Usage d'un signal de répétition Page 26.

III Organes de memoire	Pages 27 et 28.
IV Installation generale	Page 29

7e Chapitre: APPLICATION A LA TELEVISION EN COULEUR	Pages 29 et 30
---	----------------

RESUME:	Pages 3 et 3
---------	--------------

IIe Thèse.

TECHNIQUES DE COMMUTATION ET D'AIGUILLAGE ELECTRONIQUES

Liste des figures	Page I
Planche de figures	Page II
I Commutation mecanique	Page 1
II Commutation par redresseur	Page 2
III Redresseur utilise comme limiteur	Page 3
IV Signaux periodiques de commutation	Page 3
V Aiguillage typique a 3 voies	Page 4
VI Isolement des circuits	Page 5
VII Reperage de la valeur instantanée d'une tension variable	Pages 6 et 7
VIII Tubes utilisEs comme moyen de commutation	Pages 8 et 9
IX Aiguillage par ligne artificielle a retard	Page 9
X Production de tensions en "Pointe"	Page 10
XI Fabrication de tensions "En phase" et "En quadrature"	Page 11
XII Stockage et Vidage d'une impulsion	
Choix des harmoniques utilisEs	Page 12
XIV Fabrication de tensions en forme de rectangle	Page 13
XV Tubes redresseurs a anodes multiples	Page 14
XVI Generateur de pointe commun pour stockage et vidage	Page 14
XVII Tube unique generateur de plusieurs frquence	Page 15
XVIII Fonctionnement inverse: Combinateur	Page 15
XIX Repartition en Cascade	Page 16
XX Application des systemes répartiteurs	Page 16
XXI Généralisation et conclusion	Page 16.
Résumé	Pages 17 et 1

Prix Ansel de la S^{te} Françoise des Religieuses

Le Theser: Sur la compression de la partie postérieure
de l'ovaire.

Le Theser: Sur la compression de l'ovaire et de
la partie postérieure de l'utérus.

—

Prix Ansel de la S^{te} Françoise des Religieuses

Le Theser: Sur la compression de la partie postérieure
de l'ovaire.

Le Theser: Sur la compression de l'ovaire et de
la partie postérieure de l'utérus.

—

DEUXIÈME THÈSE

PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ

Technique d'aiguillage et de commutation électroniques

VU ET APPROUVÉ :

Paris, le 25 mai 1953

Le Doyen de la Faculté des Sciences,

A. CHATELET.

VU ET PERMIS D'IMPRIMER :

Le Recteur de l'Académie de Paris,

JEAN SARRAILH.

